UNIVERSITÉ DU BURUNDI
GRENIER DU SAVOIR DU BURUNDI
Dépôt institutionnel officiel
https://repository.ub.edu.bi

Conception et développement d'un système automatise de la gestion d'une bibliothèque : cas de la bibliothèque centrale de l'université du Burundi

Ndayisaba, Innocent

2021-09
UB, FSI
https://repository.ub.edu.bi/handle/123456789/108

Document téléchargé depuis le **Grenier du Savoir du Burundi** — https://repository.ub.edu.bi

République du Burundi

Ministère de l'Education Nationale et de la Recherche Scientifique

Université du Burundi

Faculté des Sciences de l'Ingénieur



Département de TIC

Mastère en Génie Informatique

Année Académique :

2019-2020

CONCEPTION ET DEVELOPPEMENT D'UN SYSTEME AUTOMATISE DE LA GESTION D'UNE BIBLIOTHEQUE : CAS DE LA BIBLIOTHEQUE CENTRALE DE L'UNIVERSITE DU BURUNDI

MEMOIRE

Présenté Par

NDAYISABA Innocent

à la

Faculté des Sciences de l'Ingénieur (FSI)

En vue de l'obtention du grade de

MASTER

en

Génie Informatique

Soutenu le 07/09/2021, devant le jury composé de :

Dr.	**NKUNZIMANA Hilaire**	Président
Pr.	**NDIKUMAGENGE Jérémie**	Vice-Président
Dr.	**NDAYISABA Longin**	Secrétaire
Dr.	**SAHINGUVU William**	Directeur

IDENTIFICATION DES MEMBRES DU JURY

Dr SAHINGUVU William	: Directeur de Thèse
Dr NKUNZIMANA Hilaire	: Président
Pr NDIKUMAGENGE Jérémie	: Vice-Président
Dr NDAYISABA Longin	: Secrétaire

DEDICACES

A Dieu Tout Puissant ;

A mon regretté Père ;

A ma Mère ;

A mon épouse GAHIMBARE Claudine ;

A mes frères, sœurs et toute ma famille ;

A tous mes camarades de classe ;

Et à tous mes amis et connaissances.

NDAYISABA Innocent

REMERCIEMENTS

Au terme de ce travail, je tiens à remercier, Dieu Tout Puissant, pour avoir accepté et m'accorder ce moment d'être ici devant le jury de ma soutenance.

Mes remerciements sont adressés plus particulièrement à mon directeur de ce travail, Monsieur **Dr.William SAHINGUVU** qui a accepté d'assurer la direction de ce travail malgré ses multiples occupations. Son objectivité, sa disponibilité, ses remarques pertinentes et ses conseils judicieux ainsi que sa rigueur scientifique nous ont été un outil adroit pour nous tenir l'étrier.

Nos sentiments de remerciement s'adressent également à tous les enseignants depuis l'école primaire jusqu'à l'Université, plus particulièrement à ceux de la Faculté des Sciences de l'Ingénieur, département des Technologies de l'Information et de la Communication, Génie Informatique. Nous disons à tous, merci pour la formation que vous nous avez inculqué pour que nous devenions des hommes respectueux, utile et responsable.

Mes sentiments de gratitude sont aussi adressés à tous les membres du jury qui ont accepté de lire ce travail, et de l'évaluer.

Nos remerciements s'adressent également à mes parents qui nous ont éduqués, qui nous ont montrés le chemin de l'école très tôt et qui nous ont toujours été près moralement et matériellement malgré l'insuffisance. A ma chère épouse pour son courage. Qu'ils soient tous rassurés de notre sentiment de profonde reconnaissance et qu'ils considèrent ce travail comme la récolte des fruits des semences qu'ils ont semés.

Nous ne pouvons pas enfin ne pas remercier le Bibliothécaire en Chef de la Bibliothèque centrale de l'UB, qui a accepté de nous faire une documentation dans ladite Bibliothèque sans oublier GATAVU Paul Administrateur des applications documentaires de gestion des bibliothèques de la même bibliothèque qui m'a aidé pendant toute la documentation dans cette bibliothèque.

NDAYISABA Innocent

RESUME

Le présent travail porte sur la mise en place d'un système automatisé de la gestion d'une bibliothèque. Dans ce travail nous essayerons de développer une application permettant aux adhérents de la bibliothèque de faire des commandes des livres sans toutefois aller faire la queue à la bibliothèque en complétant des fichiers de commande.

Pour ce faire, nous avons procédé à la conception du nouveau système à l'aide du langage de modélisation UML, nous avons par après fait recours à l'outil mathématique de modélisation connu sous le nom de Réseau de Petri qui permet d'analyser les propriétés comportementales et structurelles à la validation de notre système avant de décrire les outils, les plateformes de développement et en terminant par l'implémentation de ce nouveau système en utilisant la plateforme MYSQL comme SGBD et PHP(Framework codeigniter) comme langage de programmation.

Ainsi le système proposé permettra aux différentes bibliothèques et à la bibliothèque centrale de l'UB en particulier de simplifier les taches et de gagner du temps mais également de suivre de près le mouvement des livres et les adhérents de ladite bibliothèque.

ABSTRACT

The present work relates to the installation of an automated system of management of a library. In this work we will try to develop an application allowing library members to order books without queuing at the library by completing order files.

To do this, we proceeded to the design of the new system using the UML modelization language, we subsequently resorted to the mathematical modelling tool known as Petri Network which allows us to analyse the behavioural and structural properties upon validation of our system before describing the tools, development platforms and ending with the implementation of this new system using the MYSQL platform as DBMS and PHP (codeigniter framework) as programming language.

Thus, the proposed system will allow the various libraries and the central library of the university of Burundi in particular to simplify tasks and save time but also to closely follow the movement of books and the members of said library.

TABLE DES MATIERES

IDENTIFICATION DES MEMBRES DU JURY i
DEDICACES ii
REMERCIEMENTS iii
RESUME iv
ABSTRACT v
TABLE DES MATIERES vi
SIGLES ET ABREVIATIONS ix
LISTE DES FIGURES xi
LISTE DES TABLEAUX xii
AVANT-PROPOS xiii
CHAPITRE I : INTRODUCTION GENERALE 1
I.1. Introduction 1
I.2. Objectifs du projet 2
I.2. 1. Objectif global du travail 2
I.2.2. Objectifs spécifiques 2
I.3. Problématique 3
I.4. Solutions proposées 3
I.5. Résultats attendus 3
I.6. Apports scientifiques et technologiques 4
I.7. Domaines d'application 4
I.8. Méthodologies 4
I.9. Modèles et outils mathématiques de modélisation 5
CHAPITRE II : PRESENTATION ET ANALYSE DE L'EXISTANT DE LA BIBLIOTHEQUE CENTRALE DE L'UNIVERSITE DU BURUNDI 6
II.1. Université du Burundi 6
II.1.1. Historique et évolution de l'UB 6
II.1.2. Organisation de l'Université du Burundi 8
II.2. Bibliothèque Centrale de l'Université du Burundi 9
II.2.1. Mission de la Bibliothèque 9
II.2.2. Situation géographique de la Bibliothèque centrale de l'U.B 9
II.2.3. Historique de la Bibliothèque centrale de l'Université du Burundi 9
II.2.4. Organisation et Fonctionnement de la Bibliothèque de l'Université du Burundi 10
II.2.5. Services de la Bibliothèque Centrale de l'U.B 12
II.2.6. Fréquentation des différents usagers à la Bibliothèque 13

II.2.7. Réglementation de dépôt des documents 13
II.2.8. Conditions d'accès 14
II.2.9. Horaire de travail 14
II.3. Analyse de l'existant de la bibliothèque centrale de l'U.B 14
II.3.1. Analyse du système manuel 14
II.3.2. Traitement intellectuel des ouvrages 18
II.3.3. Circulation des documents 20
II.3.4. Informations sur les emprunteurs 21
II.3.5. Outils du système manuel 24
II.3.6. Recherche manuelle 25
II.4. Critique de l'existant 26
II.5. Solutions proposées 27
CHAPITRE III : METHODOLOGIE, CONCEPTION ET MODELISATION DU SYSTEME 28
III.1. Introduction 28
III.2.Méthodologie 28
III.3. Langage de modélisation 29
III.3.1. Qu'est-ce qu'un modèle ? 29
III.3.2. Notion d'objet 30
III.3.3. Représentation d'un objet 30
III.3.4. Attribut d'un objet 31
III.4. Présentation du modèle UML 31
III.4.1. Historique du modèle UML 31
III.4.2. Diagrammes UML 32
III.5. Modélisation d'un nouveau système d'automatisation de la gestion d'une bibliothèque. 44
III.5.1. Diagramme de cas d'utilisation 44
III.5.2. Diagramme de Classe de notre application 56
III.5.3. Diagramme de séquence pour quelques cas d'utilisation 57
III.5.4. Diagramme d'états transition 59
III.5.5. Diagramme d'activité 60
III.5.6. Diagramme de déploiement 62
III.6. Modélisation du système dynamique par le Réseau de Pétri 63
III.6.1. Introduction 63
III.6.2. Historique 64
III.6.3. Notions sur les Réseaux de Pétri 64
III.6.4. Marquage d'un réseau de Petri 67

III.6.5. Evolution d'un RdP 68
III.6.7. Matrice d'incidence d'un RdP 70
III.6.8. Equation fondamentale 71
III.7. Propriétés des réseaux de Petri 72
III.7.1. Introduction 72
III.7.2. Propriétés comportementales 73
III.7.3. Analyse des propriétés d'un réseau de Petri 75
III.7.4. Méthodes faisant intervenir l'algèbre linéaire 77
III.8. Modélisation par réseau de Petri d'un processus du « prêt d'un livre » 78
III.9. Conclusion 85
CHAPITRE IV : IMPLÉMENTATION D'UN SYSTEME AUTOMATISE DE GESTION D'UNE BIBLIOTHEQUE 86
IV.1. Outils de développement de l'application 86
IV.1.1. SGBD Mysql 86
IV.1.2. Langage PHP 86
IV.1.3. Bootstrap 87
IV.1.4. WampServer 87
IV.2. Présentation de quelques fonctionnalités de l'application développée 88
IV.3. Conclusion 91
CONCLUSION GÉNÉRALE ET RECOMMANDATIONS 92
REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES ET WEBOGRAPHIQUES 94

SIGLES ET ABREVIATIONS

API	: Application Programming Interface
B.C	: Bibliothèque Centrale
BMD	: Baccalauréat-Master-Doctorat
CRC	: Class-Responsibility-Collaboration
CSS	: Cascading Style Sheet
DCU	: Diagrammes de Cas d'Utilisation
GPL	: General Public Licence
IPA	: Institut Pédagogique Appliqué
ISBN	: International Standard Book Number
ISCO	: Institut Supérieur de Commerce
ISO	: International Organization for Starndarization
MERISE	: Méthodes d'Etude et de réalisation Informatique pour les Systèmes d'Entreprises
NF	: Norme Françoise
NTIC	: Nouvelles Technologies de l'Information et de la Communication
OMT	: Object Modeling Technique
OOSE	: Object Oriented Software Engineering
P/T	: Place/Transition
PHP	:Hypertext Preprocessor
QR Code	: Quick Responses Code
RdP	: Réseau de Petri
SADT	: Structured Analysis and Design technique
SGBDR	: Système de Gestion de Base de Données Relationnel
SIGB	: Système d'Information de Gestion des Bibliothèques

U.O.B	: Université officielle de Bujumbura
UB	: Université du Burundi
UML	: Unified Modeling language
SGBD	: Système de Gestion de Base des Données
HTML	: Hypertext Markup Language
HTTP	:Hpertext Transfer Protocol

LISTE DES FIGURES

Figure 1 : Circuit documentaire [9] 15
Figure 2 : Cycle de vie du logiciel, modèle en V 29
Figure 3 : Vues UML 33
Figure 4 : Diagrammes UML 34
Figure 5 : Formalisme du diagramme de déploiement 39
Figure 6 : Formalisme du diagramme d'activité 43
Figure 7 : Formalisme du diagramme de séquence 43
Figure 8: Raffinement cas utilisation Authentification 45
Figure 9: Diagramme de cas d'utilisation global 46
Figure 10 : Diagramme de classe 56
Figure 11 : Diagramme de séquence « Authentification » 57
Figure 12 : Diagramme de séquence « Rechercher les livres » 58
Figure 13 : Diagramme d'états transition « Authentification » 59
Figure 14: Diagramme d'états transition « Rechercher le livre » 59
Figure 15 : Diagramme d'activité « Authentification » 60
Figure 16 : Diagramme d'activité « Rechercher le livre » 61
Figure 17 : Diagramme de déploiement 62
Figure 18 : Exemple d'un réseau de Petri 66
Figure 19 : Exemple réseau de Petri non marqué 67
Figure 20 : Exemple Réseau de Petri marqué 68
Figure 21 : Transition validée(gauche), transition non validée(droite) 69
Figure 22: RdPs avant franchissement de T1(gauche) et après franchissement de T1(droite) 69
Figure 23 : Exemple de RdP marqué 71
Figure 24 : Réseau de Petri non borné 74
Figure 25 : Réseau de Petri non réversible 75
Figure 26 : Exemple d'un réseau de Petri et son arbre de marquage atteignable 76
Figure 27 : Réseau de Petri modélisant le processus du prêt des livres 78
Figure 28 : Graphe de marquage pour le processus « prêt des livres » 79
Figure 29 : Interface d'accueil de WampServer 88
Figure 30 : Page d'accueil par défaut 88
Figure 31 : Page d'authentification 89
Figure 32 : Page d'accueil étudiant 89
Figure 33 : Page de demande de prêt 90
Figure 34 : Page de traitement de demande de prêt 90
Figure 35 : Page d'enregistrement d'un nouveau livre 91
Figure 36 : Page d'alimentation des livres dans les rayons 91

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1 : Personnel de la bibliothèque de l'U.B 12
Tableau 2 : Relevé du 15/09/2017 13
Tableau 3 : Cas d'utilisation « Authentification » 46
Tableau 4 : Cas d'utilisation « Rechercher le livre » 47
Tableau 5 : Cas d'utilisation « Gérer les prêts » 48
Tableau 6 : Cas d'utilisation « Gestion des livres » 50
Tableau 7 : Cas d'utilisation « Gestion de retours » 51
Tableau 8 : Cas d'utilisation « Gestion des visiteurs » 53
Tableau 9 : Cas d'utilisation « Gestion des utilisateurs » 55
Tableau 10: Notation des séquences de franchissement 70
Tableau 11: Vérification de la bornitude pour le processus « prêt des livres » 80
Tableau 12: Vérification de la réversibilité pour le processus « prêt des livres » 80
Tableau 13: Vérification de vivacité et de blocage pour le processus « prêt des livres » 81

AVANT-PROPOS

Comme le stipule le sujet de ce travail « Conception et développement d'un système automatisé de la gestion d'une bibliothèque : cas de la bibliothèque centrale de l'Université du Burundi »

Ce travail a été effectué en se référant aux données recueillies au sein de cette bibliothèque. Nous avons organisé ce travail en quatre chapitres. Le premier chapitre est consacré à l'introduction générale. Nous y présentons dans première temps la contextualisation et actualités du projet de recherche, l'objectif global, l'objectif spécifiques, les problématiques lies à notre travail, les solutions propose, les résultats attendus ainsi que les apports scientifiques et technologique seront également abordées dans ce chapitre. Le second chapitre concerne la présentation générale et l'analyse de l'existant de la bibliothèque centrale de l'Université du Burundi. Le troisième chapitre nous aide à étudier et analyser le fonctionnement du nouveau système à l'aide des modèles mathématiques appropries. Grace à la modélisation base sur les réseaux des Petri, nous allons pouvoir modéliser le prêt des livres dans la bibliothèque qui est l'opération principale de la bibliothèque en générale. Le quatrième chapitre qui est aussi la dernière est consacré à l'implémentation d'un nouveau système automatisé de la gestion d'une bibliothèque. Dans ce chapitre, nous présenterons l'environnement matériel et logiciel, et donne un aperçu sur les interfaces réalisées.

Ainsi le système proposé permettra aux différentes bibliothèques et à la bibliothèque centrale de l'UB en particulier de simplifier les taches et de gagner du temps mais également de suivre de près le mouvement des livres et les adhérents de ladite bibliothèque.

CHAPITRE I : INTRODUCTION GENERALE

I.1. Introduction

Depuis l'antiquité, les gens avaient l'ambition de créer des instruments pour calculer, traiter ou stocker l'information. L'invention des nombres, des systèmes de numération etc., en sont des exemples illustratifs. Grace à l'arrivée de l'informatique on assiste à une nouvelle vie de certaines activités humaines dont la conséquence est la concurrence socio-économique dans le monde. Au Burundi, beaucoup des bibliothèques connaissent un retard dans la maitrise, l'usage et utilisation des technologies de l'information et de la communication.

Or, dans le monde actuel, aucune bibliothèque ou organisme ne pourrait ignorer le rôle et la place des NTIC dans la maitrise de la concurrence et l'amélioration des services mais aussi l'intérêt que l'usage de ces dernières apportent dans ces bibliothèques. L'usage de ces nouvelles technologies est un moyen d'optimiser l'usage des ressources disponibles mais aussi d'augmenter ses performances et atteindre les objectifs fixés. Ce retard est devenu un handicap pour le développement socio-économique du pays en général et de chacune de ces bibliothèques en particulier

Dans la bibliothèque centrale de l'Université du Burundi, la recherche des livres et autres services n'est pas facile. Ceci étant causé par l'utilisation d'un système quasi-manuel de traitement de l'information et de données relatives aux livres et autres services. Avec ce système trouver un livre dans cette bibliothèque qui comprend une multitude des livres non numériques est un travail fatiguant. De plus la connaissance du nombre des livres disponibles dans cette bibliothèque est difficile due au fait que les livres ne sont numérisés.

En tant que voies d'accès au savoir et à la culture, les bibliothèques occupent une place déterminante dans une université. Leurs ressources et services procurent en effet des possibilités d'apprentissage, favorisent l'alphabétisation et l'éducation et contribuent à former les nouvelles idées et perspectives à la base des sociétés créatives et innovantes. Les bibliothèques contribuent également à garantir un enregistrement authentique des connaissances acquises et accumulées par les générations passées. Dans un monde dépourvu de bibliothèques, il serait difficile de faire progresser la recherche et le savoir ou de préserver pour les générations futures les connaissances et le patrimoine accumulés par l'humanité. L'identification des documents dans une bibliothèque permet de repérer un document dans le fonds d'une bibliothèque ou d'un établissement documentaire. Il s'agit d'abord de donner l'usager la possibilité de

trouver le document à partir de sa bibliographie, ensuite d'identifier le document recherché grâce à sa description bibliographique, enfin de localiser le document par son emplacement au sein de la bibliothèque grâce à une application l'informatique.

Dans le monde actuel une bibliothèque non informatisée, c'est une bibliothèque non évolutive et l'identification des documents sera très difficile dans cette bibliothèque. C'est dans cette optique que nous avons proposé comme sujet de fin d'études intitulé : « **Conception et développement d'un système automatisé de la gestion d'une bibliothèque : cas de la bibliothèque centrale de l'Université du Burundi »**

Le présent travail est composé de quatre chapitres structurés comme suit :

1) Le premier chapitre présente l'introduction générale et les objectifs de ce projet.
2) Le deuxième chapitre est consacré à présentation de l'Université du Burundi et de la Bibliothèque centrale en particulier ainsi que la présentation des différentes fonctions de la bibliothèque.
3) Le troisième chapitre est consacré à la méthodologie, conception et modélisation de l'application.
4) Le quatrième chapitre étudie les approches de l'implémentation de l'application, en décrivant l'environnement matériel et logiciel, et donne un aperçu sur les interfaces réalisées.

I.2. Objectifs du projet

I.2. 1. Objectif global du travail

L'objectif est de mettre en place un système automatisé de gestion de la bibliothèque qui va permettre d'automatiser les principales fonctions de la bibliothèque afin de faciliter la tâche aux adhérents de la bibliothèque mais également en introduisant une technologie QR Codes qui permet de faciliter d'identification des livres de ladite bibliothèque.

I.2.2. Objectifs spécifiques

1) Mise en place d'un système permettant aux visiteurs de faire des recherches des livres dans la bibliothèque
2) Mise en place d'un système permettant aux adhérents de la bibliothèque de faire des commandes des livres en ligne sans toutefois aller faire la queue à la bibliothèque en complétant les fichiers de commande
3) Mettre en place un système permettant aux adhérents de faire des échanges avec les bibliothécaires et des réservations des livres

4) Mise en place d'un système permettant l'identification des livres en utilisant une technologie de QR Codes avec Smartphones, tablettes tactiles ou pc portables
5) Rechercher automatiquement les livres disponibles
6) Accéder automatiquement aux livres disponibles dans la bibliothèque en les téléchargeant

I.3. Problématique

1) Les livres que disposent la bibliothèque ne sont pas numérisés ;
2) Utilisation d'une technique d'identification des livres classiques qui a une marge d'erreur plus grande
3) La recherche des livres prend beaucoup de temps puisqu'elle est faite manuellement ;
4) Echange direct d'informations entre le personnel de la bibliothèque centrale et celui des autres bibliothèques des différents campus est presque inexistant
5) Le nombre des livres dont disposent la bibliothèque n'est pas connu

I.4. Solutions proposées

1) Les livres dont disposent la bibliothèque centrale sont numérisés
2) Accès facile aux livres numériques à l'aide des smartphones, tablettes tactiles ou pc portables
3) Mise en place une base de données qui va englober toutes les données nécessaires et qui sera utilisée par toutes les fonctions de la gestion de la bibliothèque
4) Minimisation des travaux manuels
5) Facilitation de la réponse aux interrogations diverses concernant les documents
6) Former le personnel de la bibliothèque dans l'utilisation des application bibliothécaires

I.5. Résultats attendus

Les résultats attendus sont entre autres :

1) Toutes les bibliothèques de l'université du Burundi seront interconnectées
2) Sécurité des livres est assurée grâce aux nouvelles technologies d'identification introduites dont QR Codes
3) Les livres sont gérés dans une base de données pour faciliter l'accès aux livres

4) Le personnel est formé dans l'utilisation de l'outil informatique de la bibliothèque
5) La bibliothèque sera dotée des technologies modernes de gestion et d'accès aux livres.

Toutes ces solutions permettront de s'assurer de la cohérence des données, de faciliter l'accès aux livres, l'information et de gagner du temps dans la recherche des livres et autre accomplissement d'un service de la bibliothèque.

I.6. Apports scientifiques et technologiques

1) Utilisation de QR code pour renforcer l'identification des livres de la bibliothèque
2) Développement d'un algorithme permettant une discussion entre un visiteur et un bibliothécaire

I.7. Domaines d'application

Système d'information de gestion des bibliothèques

I.8. Méthodologies

Pour la récolte d'informations concernant mon travail, les techniques suivantes vont être appliquées :

· **La technique documentaire** : cette technique va me servir de parcourir plusieurs archives et documents à rapport avec la gestion de la bibliothèque, et à rapport avec les technologies utilisées pour la réalisation du travail ; afin de me ressourcer davantage sur le système d'information existant, ainsi améliorer sensiblement le système futur.

· **La technique d'interview** qui est un procédé d'investigation scientifique utilisant un processus d'échange verbale pour recueillir des informations ; me servira pour le recueil des informations relatives à la procédure de gestion actuelle de la dite bibliothèque avec le personnel

· **La technique d'observation :** cette technique me permettra de voir ce qui se passe dans la bibliothèque centrale de l'université du Burundi lors du processus de recherche d'un livre dans cette bibliothèque par exemple et d'autres services qu'on y exerce.

I.9. Modèles et outils mathématiques de modélisation

L'utilisation des techniques et outils mathématiques sont incontournables pour mettre en œuvre un système fiable, robuste et fonctionnel.

Dans le présent travail, nous allons utiliser UML comme langage de modélisation et les Réseaux de Petri afin d'analyser et modéliser un système de gestion automatisé des activités adapté au besoin de la bibliothèque.

CHAPITRE II : PRESENTATION ET ANALYSE DE L'EXISTANT DE LA BIBLIOTHEQUE CENTRALE DE L'UNIVERSITE DU BURUNDI

II.1. Université du Burundi

II.1.1. Historique et évolution de l'UB

La dénomination « Université du Burundi » date du 29 juin 1977 en vertu du décret no 100/620. Cependant, son histoire remonte à la période coloniale belge et son évolution a connu plusieurs phases de réforme structurelle, au fil des années, jusqu'à 2012 où elle est régie par un nouveau système d'enseignement Baccalauréat- Master-Doctorat (BMD).

Parmi les missions qui ont été signées à l'Université du Burundi, nous soulignons les plus importants à savoir :

1) Dispenser au niveau le plus élevé les connaissances scientifiques et techniques ;
2) Promouvoir la recherche scientifique, littéraire, artistique, l'innovation ainsi que le perfectionnement professionnel ;
3) Participer activement au développement social, économique et culturel ;
4) Contribuer à la formation civique et morale.

L'administration et la gestion quotidienne de l'université du Burundi sont assurées par un Recteur nommé par le Président de la République sur proposition du Ministère ayant l'Enseignement supérieur dans ses attributions parmi les enseignants ayant le grade de Docteur ; son mandat est de quatre ans renouvelables une fois. Il est assisté par un Vice-Recteur lui aussi nommé par le décret présidentiel sur proposition du Ministre de tutelle, parmi les enseignants ayant le grade de Docteur.

Dans son organisation interne, l'Université du Burundi compte 6 directions, à savoir :

Le Secrétariat Général

Il comprend les services suivants :

1) Le service administratif
2) Le service audit interne
3) Le service de la communication avec les partenaires sociaux et la communication extérieure

La Direction Administrative et Financière

Cette direction comprend :

1) Le service financier

2) Le service du patrimoine
3) Le service général

La Direction des Services Académique

Cette direction est chargée des questions académiques, à savoir :

1) La supervision des inscriptions aux rôles, aux cours et aux sessions ;
2) Trouver des solutions aux problèmes académiques des étudiants ;
3) Établir la liste des étudiants boursiers du gouvernement ;
4) Suivre de près l'exécution des programmes d'enseignement ;
5) Vérifier les cursus des étudiants ;
6) Organiser les sessions de formation continue ;
7) Organiser le système d'agrégation

La Direction académique comprend :

1) Le service des étudiants,
2) Le service des enseignants et des enseignements
3) Le service d'écoute sociale et d'orientations académiques.

La Direction de l'Assurance Qualité

Le directeur de l'Assurance Qualité a pour mission de :

1) Promouvoir l'introduction du système d'assurance qualité au niveau interne
2) Développer des outils et un guide des contenues d'enseignement de l'assurance qualité
3) Conduire un travail d'inspection de la qualité des contenues d'enseignement et donner rapport au Recteur
4) Renforcer les outils de protection des diplômes décernés ;
5) Promouvoir l'Assurance Qualité par des formations dispensées aux enseignants

La Direction de la Régie des œuvres Universitaire

La direction de Régie des Œuvres Universitaires comprend six services :

1) Le service d'encadrement social, sportif et culturel ;
2) Le service de sécurité et d'encadrement civique ;
3) Le service de contrôle interne ;
4) Le service financier ;
5) Le service de gestion du patrimoine mobilier et immobilier ;
6) Le service du personnel

La Direction de la Recherche et de l'Innovation

Elle a pour mission de :

1) Faciliter et coordonner les activités de la recherche au sein de l'Université du Burundi
2) Assurer la promotion de la recherche et de l'innovation dans le secteur public et privé
3) Faire un recueil des publications résultant de la recherche ;
4) Gérer le service de Presse de l'Université du Burundi ;
5) Veiller au bon fonctionnement des laboratoires et à la maintenance de leurs équipements ;
6) Superviser la conception et la production du matériel didactique
7) Identifier les besoins en matériel et équipements didactiques ;

Cette direction comprend les services suivants :

1) Le service de la coordination de la recherche ;
2) Le service de la promotion des innovations ;
3) Le service des équipements didactiques, presses et Publications ;
4) Le service des Bibliothèques ;

II.1.2. Organisation de l'Université du Burundi

L'université du Burundi est organisée en facultés et Instituts. Chaque Faculté ou Institut est dirigé (e) par un Doyen assisté par un Vice-Doyen et un conseil de Faculté ou d'Institut présidé par le Doyen.

Ces Facultés et Instituts sont :

1) La Faculté des Lettres et Sciences Humaines ;
2) La Faculté des Sciences ;
3) La Faculté d'Agronomie et de Bio-Ingénierie ;
4) La Faculté des Sciences Economiques et de Gestion ;
5) La Faculté des Sciences de l'Ingénieur ;
6) La Faculté de Médecine ;
7) La Faculté de Droit ;
8) La Faculté de Psychologie et des Sciences de l'Education ;
9) L'institut de Pédagogie Appliquée ;
10) L'institut Supérieur de Commerce ;
11) L'institut d'Education Physique et de Sport.

II.2. Bibliothèque Centrale de l'Université du Burundi

II.2.1. Mission de la Bibliothèque

La Bibliothèque de l'Université du Burundi a une mission générale d'appui à l'enseignement et à la recherche. En effet, elle se charge de l'acquisition, du traitement et de la diffusion des ouvrages, afin de satisfaire aux besoins en informations des enseignants-chercheurs, étudiants et personnels administratifs et techniques.

Ces missions sont détaillées comme suit :

1) Organiser et gérer le fonds documentaire
2) Fournir des informations en complément aux cours dispensés ;
3) Faciliter l'accès à l'information disponible dans le fonds documentaire ;
4) Former, aider et orienter les usagers dans leur recherche d'information et dans la présentation de la bibliographie ;
5) Pourvoir activement à la fonction de recherche au sein de l'U.B ;
6) Améliorer l'image de marque de l'U.B dans le domaine académique.

II.2.2. Situation géographique de la Bibliothèque centrale de l'U.B

La Bibliothèque Centrale de l'Université du Burundi est en plein cœur du Campus Mutanga. Elle est située entre l'avenue de Mwezi Gisabo et de l'Avenue de l'Unesco au Sud. C'est un bâtiment en étage de deux niveaux et d'un rez -de-chaussé.

II.2.3. Historique de la Bibliothèque centrale de l'Université du Burundi

L'historique de la Bibliothèque centrale de l'Université du Burundi est intimement lié à celui de l'Université du Burundi. Au fil de son évolution, elle a connu plusieurs fois de changements et de structure comme pour le cas de l'U.B.

Dès la création, par les Pères Jésuites, des Facultés de Philosophie et Lettres et des Sciences Economiques et Sociales, en 1960, suivie de celle de la Faculté des Sciences, par l'Etat, en 1961, la Bibliothèque de l'Université du Burundi a été créée en 1960 et le Bibliothécaire en Chef fut le Père Leroy de la Compagnie de Jésus à cette époque. A l'ouverture de l'Année Académique 1962-1963, le personnel de la Bibliothèque comptait uniquement trois unités à savoir : un Bibliothécaire en Chef, un Bibliothécaire Adjoint et un commis. Trois professeurs constituaient le corps de conseillers de la Bibliothèque. Celle-ci occupait un des locaux cédés par l'Ancien Collège du Saint Esprit, au Campus actuel de Kiriri.

Le fonds documentaire initial provenait essentiellement des dons rassemblés par les Pères Jésuites avec la prédominance des ouvrages de Théologie et de

Philosophie. Au cours de l'Année Académique 1965-1966, l'U.O.B. (Université Officielle de Bujumbura) se verra dotée de ses propres infrastructures par le gouvernement du Burundi. C'est ainsi qu'un bâtiment fut cédé à la Bibliothèque. La Bibliothèque ainsi constituée, comprenait :

1) Un magasin pour les livres
2) Une salle de lecture qui avait une capacité de 120 places assises
3) Un magasin pour les périodiques

A ce moment-là, la Bibliothèque manquait de personnel. C'est dans ce cadre qu'un Coopérant Belge formé en Sciences de l'Information documentaire fut engagé en 1968 pendant que les futurs premiers Bibliothécaires nationaux étaient envoyés en formation à l'Ecole des Bibliothécaires, Archivistes et Documentalistes (E.B.A.D.) de l'Université Cheikh Anta Diop de Dakar, au Sénégal.

La nouvelle Bibliothèque s'équipa progressivement en matériel, en livres et en périodiques. Les collections, provenant des achats ou des dons, ont augmenté au fur du temps progressivement.

Le problème d'infrastructures abritant la B.U. a été résolu avec la construction et l'équipement de la Bibliothèque Centrale dite « KHADDAFI », sise est au cœur du campus Mutanga, en hommage au Président Libyen, Mouamar El Khaddafi qui a fait ce don à l'Université du Burundi, en 1983.

II.2.4. Organisation et Fonctionnement de la Bibliothèque de l'Université du Burundi

La Bibliothèque de l'Université du Burundi est composée de la Bibliothèque Centrale, située au cœur du Campus Mutanga et des Bibliothèques de Facultés et Instituts, situées dans les enceintes mêmes des Facultés et Instituts dont elles desservent. Il est à noter que la Bibliothèque Centrale, en plus de ses fonctions de contrôler les bibliothèques périphériques, conserve et traite des documents concernant la Faculté des Lettres et Sciences Humaines et la Faculté de Droit qui n'ont pas jusqu'aujourd'hui de salles de bibliothèques dans leur sein.

Autour de la Bibliothèque Centrale qui a le rôle de coordonner et centraliser les opérations, il y a les bibliothèques facultaires spécialisées, en fonction des Facultés/Instituts qu'elles desservent. Elles sont au nombre de sept et sont localisées sur les différents campus de l'Université du Burundi et sont :

1) La Bibliothèque de la Faculté des Sciences Economiques et de Gestion, située au Campus Mutanga

2) La Bibliothèque de la Faculté d'Agronomie et de Bio-Ingénierie, située au Campus Mutanga
3) La Bibliothèque de la Faculté de Psychologie et des Sciences de l'Education, située au Campus Kamenge ;
4) La Bibliothèque de la Faculté de Médecine, située dans les locaux de la Faculté de Médecine ;
5) La Bibliothèque du campus Kiriri qui desserve les Facultés des Sciences de l'Ingénieur et Institut d'Education Physique situé au Campus Kiriri ;
6) La Bibliothèque du Campus Rohero conserve les ouvrages de l'Institut Supérieur de Commerce (ISCO) et ceux de l'Institut de Pédagogie Appliquée (IPA) ;
7) La Bibliothèque de la Chaire Unesco de l'Université du Burundi :

Cette petite bibliothèque sert les étudiants du Master Complémentaire, de Journalisme ainsi que ceux du Diplôme d'Etudes Supérieures Spécialisées en Droit de l'Homme et Résolution Pacifique des Conflits de la Chaire UNESCO.

8) la Bibliothèque de la Faculté d'Agronomie et de Bio-Ingénierie, qui est délocalisée de la ville de Bujumbura vers Gitega, située au Campus Zege (à Gitega au centre du pays).

Il est à noter que la Bibliothèque Centrale et ses bibliothèques périphériques travaillent en étroite collaboration à travers ces services.

Le personnel

Du fait de son rôle important au sein de l'université, la Bibliothèque Centrale et celles des Facultés/Instituts compte à peu près une centaine de personnes ayant de qualification variée.

Il faut noter que le personnel qualifié a connu une évolution. A l'heure actuelle avec l'ouverture de la Section Bibliothéconomie à l'ISCO, Institut Supérieur de Commerce dès l'Année Académique 1987-1988, pour la formation des Bibliothécaires Assistants de niveau A1, la formation ouverte à distance pour l'obtention des grades académiques de niveau Licence et

Master, le problème de personnel qualifié en Bibliothéconomie a été résolu. Actuellement, le personnel de la Bibliothèque Universitaire est reparti comme le montre ce tableau ci-dessous :

Tableau 1 : Personnel de la bibliothèque de l'U.B

CATEGORIE	EFFECTIF
Cadre	2
Bibliothécaire	1
Bibliothécaire-Assistants	14
Préposés	48
Secrétaires	6
Reliure	2

Parmi les 14 Bibliothécaires-assistants 4 ont des diplômes de niveau Master, mais n'ont pas encore reclassé au grade des bibliothécaires.

II.2.5. Services de la Bibliothèque Centrale de l'U.B

1) Les Services des Commandes et Abonnements

Il s'occupe de :

1) La préparation, l'expédition et le suivi des commandes et abonnements aux revues scientifiques et aux revues d'actualités ;
2) La supervision du courrier ;

2) Le Service de Catalogage

Il s'occupe :

1) Du traitement physique et intellectuel de tout document entrant à la Bibliothèque Universitaire ;
2) De la Gestion des Fichiers ;

3) Le Service de Prêt, Relations Publiques et de Périodiques

Il se charge :

1) De l'accueil, de l'orientation, du renseignement des usagers
2) Du prêt et recouvrement ;
3) De la restauration des documents abîmés ;
4) Du traitement physique et intellectuel des périodiques ;

5) Du dépouillement de certains articles ;

Il est à signaler que cette subdivision du travail est très nette à la Bibliothèque Centrale de façon qu'à la tête de chaque service, il y a un responsable de service formé en Science de l'Information Documentaire. La Bibliothèque Centrale considère chaque bibliothèque de Faculté/Institut comme un service qu'elle contrôle et à l'intérieur de ce service des activités similaires à celles que la Bibliothèque Centrale y sont effectuées.

4) Le Service des Ressources électroniques

C'est un service tout à fait nouveau à la Bibliothèque de l'Université du Burundi. Dans ce service, une trentaine d'ordinateurs sont installés et sont connectés à l'internet. Les étudiants de différentes Facultés ou Instituts passent dans ce service s'ils le veulent, pour la recherche documentaire sur internet. Mais, il faut signaler que ce sont surtout les étudiants qui préparent les travaux de fin d'études qui sont privilégiés pour bénéficier ce service. Chaque étudiant a droit à 60 minutes pour sa recherche documentaire pour céder la machine aux autres.

II.2.6. Fréquentation des différents usagers à la Bibliothèque

Ce sont les étudiants de l'Université du Burundi qui fréquentent le plus la bibliothèque. Parmi ceux-ci, les étudiants internes le sont davantage dans la mesure où ils peuvent prolonger la soirée jusqu'à 20 h00 car ils logent dans aux mêmes campus. La relevée du quinze septembre deux milles dix-sept à 11h se présentait ainsi comme le montre ce tableau.

Tableau 2 : Relevé du 15/09/2017

Etudiants de l'Université du Burundi	458
Etudiants de l'ISCAM, ENAPO et ENS	6
Etudiants universités Privés	35
Chercheurs	1
Professeurs	7
Autres	0

II.2.7. Réglementation de dépôt des documents

Chaque étudiant de l'Université du Burundi qui termine avec succès ses études après avoir défendu son travail de mémoire, doit déposer à la Bibliothèque

Centrale deux copies de son mémoire : une copie du mémoire est déposée et conservée à la réserve de la Bibliothèque Centrale tandis qu'une autre est déposée à la Bibliothèque de sa Faculté/Institut, pour approcher les étudiants de cette documentation. En contrepartie, une attestation de dépôt lui est délivrée. Cela est également fait pour les autres personnes qui déposent leurs productions notamment les professeurs et les chercheurs souhaitant que leur production soit conservée à la Bibliothèque Universitaire.

II.2.8. Conditions d'accès

Pour tous les usagers de la B.U. un abonnement est un préalable et une carte d'étudiant ou carte de lecteur délivrée par le Bibliothécaire en Chef de l'Université du Burundi est exigée à l'entrée dans la Bibliothèque de l'Université. Les étudiants des universités privées sont autorisés à fréquenter la bibliothèque moyennant paiement d'une somme leur permettant de s'abonner, soit mensuellement, soit trimestriellement, soit annuellement. En contrepartie, ils obtiennent soit une carte de lecteur si l'abonnement est annuel ou une attestation de fréquentation de la bibliothèque de l'Université du Burundi pour une période inférieure à une année**.**

II.2.9. Horaire de travail

Ces usagers doivent respecter scrupuleusement les conditions d'horaire préétablies par la bibliothèque. La Bibliothèque Centrale tout comme les Bibliothèques périphériques sont pour le moment ouvertes au public, tous les jours ouvrables, sauf les jours fériés, aux heures ci-après :

1) Lundi : de 12 h à 20 h
2) Mardi à vendredi : 8h30 à 20 h
3) Samedi et Dimanche : de 8h à 12 h

II.3. Analyse de l'existant de la bibliothèque centrale de l'U.B

II.3.1. Analyse du système manuel

Le circuit du document ou circuit du livre ou chaîne documentaire selon les terminologies, décrit la succession d'opérations obligées que suit un document dans une bibliothèque. C'est un ensemble d'opérations documentaires réalisées pour recueillir et traiter l'information afin d'en assurer la diffusion auprès des lecteurs**.** Ce circuit suit trois étapes principales, effectuées par différents professionnels des bibliothèques, plus ou moins spécialisés.

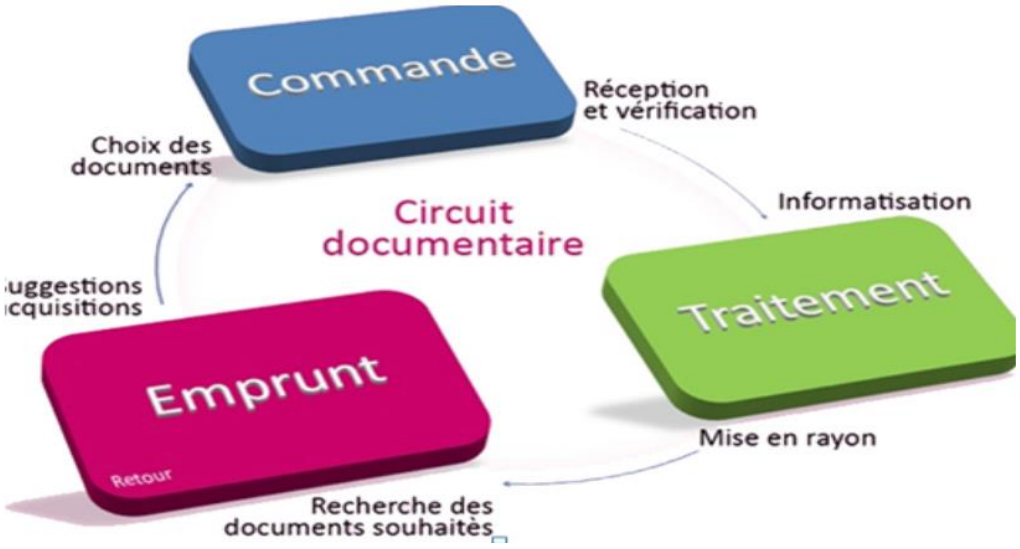


Figure 1 : Circuit documentaire **[9]**

Les principales fonctions d'une bibliothèque sont celles qui concernent l'acquisition, réception et enregistrement des documents, leur traitement (catalogage, indexation et cotation) et leur mise à disposition du public pour consultation par les lecteurs. Toutes les autres activités (administratives, financières, etc.) viennent s'ajouter uniquement à ces principales fonctions pour en assurer une bonne marche.

Une analyse des fonctions de la B.U. n'est certes pas un travail original. Mais, elle nous semble indispensable car c'est en regardant de près les différentes opérations et le fonctionnement du système manuel qu'il nous serait possible de répondre aux questions suivantes :

1) Quel est le poids du travail manuel ?
2) Quels sont les problèmes qui en découlent ?

L'acquisition

L'acquisition est l'ensemble des activités et opérations mises en œuvre pour faire entrer un document dans la bibliothèque. Elle consiste à faire la recherche, la sélection des références bibliographiques, la commande et la réception de tous les documents devant prendre place à la bibliothèque. Elle peut se faire par voie d'achat, de don ou d'échange.

L'acquisition d'un document peut résulter soit de la demande des utilisateurs, par le biais de la boite aux idées ou du cahier des suggestions, soit de la

recherche personnelle du bibliothécaire à travers les bibliographies, prospectus d'éditeurs, internet, etc.

Quelle que soit l'origine de la demande d'achat, l'acquisition recouvre un certain nombre d'activités intellectuelles et techniques.

Il s'agit en réalité, pour le bibliothécaire, de savoir :

1) Si le document en question existe déjà ou non à la bibliothèque ; Si oui, en combien d'exemplaires ;
2) Si le document n'est pas déjà commandé ;
3) Si le document est déjà arrivé à la bibliothèque et n'est pas encore mis à la disposition des lecteurs

Une fois que toutes les informations nécessaires sont obtenues, deux fonctions principales caractérisent l'acquisition : l'opération de commande et la réception des colis.

L'opération de commande

Les documents à acquérir une fois choisi, on établit sur une fiche les renseignements nécessaires pour chaque ouvrage, Après établissement des listes de commande, les fiches sont classées dans le fichier « livres commandés » par ordre chronologique des dates de commande. Les dates mises en relief dans le fichier permettent à la bibliothèque de procéder au suivi des commandes. Toute commande non honorée après une année est annulée.

La réception et vérification des colis

Le contrôle à la réception des colis comprend le :

1) Pointage de la commande,
2) Collationnement

1) Pointage de la commande

Il est très important de vérifier le contenu des cartons avec le double du Bon de commande en main et de pointer tous les exemplaires.

2) Collationnement

Le collationnement est aussi une tâche importante : cela consiste à vérifier le bon état matériel de chaque document, un par un.

Après vérification et pointage de la facture ou du bordereau d'envoi, les fiches « livres commandés » sont sorties et classées dans le fichier « livres arrivés » car

en effet, les livres qu'on attendait sont déjà arrivés à la bibliothèque. Dans ce dernier fichier les fiches sont, cette fois-ci, classées par ordre alphabétique des noms d'auteurs ou des titres.

La fonction acquisition que nous venons de décrire occupe un nombre important de personnes pour sa réalisation.

Les traitements des ouvrages

Les documents commandés sont reçus par la bibliothèque centrale. D'autres sont arrivés par voie de don ou d'échange. Après vérification des envois, les documents commencent dès lors à subir un certain nombre de traitements avant d'être mis à la disposition des usagers.

Le terme document porte à confusion parce qu'il recouvre tout objet capable d'enseigner, de renseigner (imprimés, cassettes, disques, films, etc.) qu'une bibliothèque acquiert, traite et met à la disposition de ses usagers. D'autre part, parmi les imprimés même, une distinction est faite entre livres, périodiques, thèses, mémoires, brochures, etc. Pour toutes ces raisons, nous avons préféré employer « ouvrages » pour désigner les livres, thèses, mémoires, brochures et dont nous traitons globalement dans ce sous-chapitre, tandis qu'au sous-chapitre suivant, nous parlerons du traitement des périodiques. Si le terme document apparaît dans cette partie, il ne désigne que les ouvrages.

Enregistrement à l'inventaire des ouvrages

C'est véritablement la première opération qui réalise l'entrée du livre dans les collections de la bibliothèque.

Pourquoi l'enregistrement ? Le registre est une pièce comptable permettant d'établir la liste de tous les documents possédés par la bibliothèque pouvant jouer la fonction de cahier d'inventaire. Qu'ils soient acquis par achat, don ou échange, tous les ouvrages reçus par la B.U. sont enregistrés dans un registre d'inventaire. Pour les ouvrages commandés, les mêmes informations utilisées depuis l'opération de commande sont transcrites dans le registre avec des modifications et ajouts mineurs :

1) Date d'entrée,
2) N° d'inventaire (n° chronologique d'entrée),
3) Auteur, titre, éditeur de l'ouvrage,
4) Le prix,
5) Le code (pour les usuels et ouvrages déplacés de leur rayon initial).

Le Système d'automatisation de Gestion de Bibliothèque procure un gros avantage : la saisie de commande est réutilisée pour faire ensuite toutes les éditions dont on a besoin, sans que le personnel ait à réécrire et à répéter de ces nouvelles données :

1) Liste des documents pour le cahier d'enregistrement, selon l'ordre des numéros d'enregistrement,
2) Liste des acquisitions selon l'ordre des matières, fiches de catalogage si l'imprimante permet de faire directement des fiches,
3) Le numéro d'inventaire est unique pour chaque volume enregistré, quelles que soient la faculté et la discipline dont relève l'ouvrage ou le type de document.

En effet, pour chacune des bibliothèques Facultaires/Instituts, il existe :

1) Un registre –inventaire des livres commandés
2) Un registre pour les thèses et mémoires,

L'estampillage

Tout document qui entre dans la bibliothèque doit porter la marque de son appartenance de la bibliothèque : il s'agit d'une apposition d'un cachet de la Bibliothèque Centrale pour dissuader les utilisateurs d'emporter le livre ou tout autre document de la bibliothèque. Elle aide de retrouver le livre égaré en dehors de la bibliothèque. Les livres de l'U.B. sont estampillés à la page convenue à l'avance et tenue secret aux usagers de la bibliothèque. C'est à la page25 de chaque livre entré à la bibliothèque au milieu en bas, qu'on marque le cachet portant le sigle «U.B» avec le petit cachet et le gros cachet est mis au verso de la page de titre à l'intérieur duquel on y inscrit le numéro d'inventaire du document.

II.3.2. Traitement intellectuel des ouvrages

Catalogage

Un catalogue se définit comme : « Une liste méthodique des documents d'une bibliothèque, informatisée ou sur fiches. Il en existe diverses sortes : auteurs (classement alphabétique au nom de l'auteur) ; matières (classement alphabétique des sujets) ; systématiques (classement numérique, le plus souvent selon la classification Dewey) ; titres (Classement alphabétique au titre) ; topographiques (classement selon l'ordre des ouvrages en rayons) ». Le catalogue est donc un fichier identifiant et localisant les documents que possède une bibliothèque. Il existe deux types de catalogues : les catalogues manuels et les catalogues informatisés. Le catalogage est une description standardisée ou

normalisée de documents. Elle est l'opération par laquelle les Bibliothécaires décrivent un document entré dans son établissement.

La norme française NF 44-050 que les Bibliothécaires de l'Université du Burundi se servent pour le catalogage, détermine sept (7) zones pour la description des ouvrages :

1. Zone du titre et de la mention d'auteur ;
2. Zone de l'édition (2e, 3e, 4e édit, etc.) ;
3. Zone de l'adresse (lieu d'édition, éditeur, date de publication) ;
4. Zone de la collation (nombre de pages, illustrations, format) ;
5. Zone de la collection ;
6. Zone des notes ;
7. Zone de Numéro International Normalisé des Livres (ISBN) et du prix.

Toutes ces zones ont des particularités. Ces 7 zones n'apparaissent pas obligatoirement sur toutes les fiches et pour tout document car selon les informations retirées du document lui-même, une zone peut contenir ou non d'informations, réduisant ainsi quelquefois le nombre de zones à 5 ou 6 dans une fiche. Par ailleurs, la fiche catalographique sur laquelle sont portés les éléments descriptifs d'un document est de format très réduit (75 x 125mm), entraînant l'abréviation de certains termes.

La deuxième phase, celle qui termine le catalogage, est l'indexation. C'est le fait d'extraire de l'ouvrage qu'on vient de cataloguer, le ou les mots permettant de déterminer son contenu. Ces mots appelés « mots-matières » servent à l'établissement des fiches matières qui seront classées dans le fichier pour orienter la recherche des lecteurs. Indexer un document, c'est marqué un indice, un signe intelligible qui permet de le classer logiquement parmi d'autres documents et de le retrouver facilement à sa place. L'indexation est basée sur le contenu de l'ouvrage, à la différence du classement des ouvrages par ordre alphabétique d'auteur, par numéro d'enregistrement ou par taille d'ouvrage.

Quand toutes les opérations de traitement sont accomplies, les documents peuvent être classés directement en rayon ou à l'endroit auquel il est destiné. On peut préférer le disposer sur un présentoir de nouveauté s'il s'agit d'une nouvelle acquisition.

L’équipement des ouvrages

Pour que les ouvrages et autres documents soient consultés et conservent une certaine longévité sans perdre leur identité, la bibliothèque centrale de l'Université du Burundi, les équipent. Le service de reliure est chargé de l’entretien et du soin des documents de la bibliothèque, il couvre les livres, renforce les documents les plus fragiles, relie les revues, d’une collection, agrafe les journaux. Ce service est bien équipé et possède du matériel de reliure comme presse à reliure, de la colle spéciale, un pinceau, une rame à couper et autres.

Le traitement des périodiques

Les périodiques appartiennent à la grande famille des publications en série (revues, journaux, publications annuelles ou à périodicités plus espacées, définies comme des publications paraissant en fascicules ou volumes successifs, s’enchaînant en général numériquement ou chronologiquement pendant une durée non déterminée à l’avance. Les périodiques constituent les publications en série les plus courantes et à parution régulière. Ce sont les quotidiens, les hebdomadaires, les mensuels, les bimensuels, les trimestriels, etc.

A la B.U, les périodiques sont acquis par abonnement, renouvelable chaque année : la Bibliothèque Centrale, après consultation des enseignants dans les facultés, dresse une liste des titres auxquels elle désire s’abonner et l’expédie au fournisseur. Cette procédure suffit pour faire marcher l’abonnement pendant deux ou trois ans.

Vu l’extrême importance du rôle qu’ils jouent dans la recherche, les périodiques occupent une place privilégiée dans les bibliothèques et la B.U, point focal de la recherche et de l’enseignement, leur accorde également une place importante dans son fonds.

II.3.3. Circulation des documents

La circulation des documents est un terme plus vaste que le prêt englobe : la circulation interne des documents, d’une part, le prêt, d’autre part.

La circulation interne

La circulation interne est le fait qu’un document, initialement classé à son propre rayon (dans les magasins, par exemple) soit déplacé dans les salles des professeurs, des étudiants ou d’une section à un autre. Elle concerne souvent les ouvrages de référence (dictionnaires, encyclopédies, annuaires, etc., dénommés « usuels » et ne pouvant être consultés que sur place.

La gestion de la circulation interne ou inter-bibliothèque ne pose pas de problème particulier. Tous les documents enregistrés et ayant donc un n° d'inventaire sont supposés exister dans le fonds général. Le déplacement d'un document, autre que par le prêt à domicile est signalé sur les fiches, généralement par une cote CDU (Classification Décimale Universelle) qui indique son nouvel emplacement dans la bibliothèque, ou une note qui précise la bibliothèque dans laquelle ce document a été affecté.

Le prêt

Toutes les activités menées dans une bibliothèque ont pour finalité principale : transmettre l'information contenue dans le document. La communication de l'information se traduit ici par le prêt des documents, qui constitue l'opération la plus délicate de la chaîne documentaire, surtout dans le cas d'une bibliothèque où le nombre de lecteurs est très important comme celle de la Bibliothèque Centrale. A ce propos, nous rappelons que la B.U compte un public de 600 à 1000 lecteurs à qui elle communique par jour environ 2500 volumes à consulter sur place, sans prêt à domicile.

Ce dernier a été interrompu pour des raisons de sécurité du patrimoine pendant la période de guerre socio-politique que le Burundi vient de traverser car on a constaté que la plupart des documents empruntés ne retournaient pas dans la Bibliothèque.

Un certain nombre de données et d'instruments sont utiles à la gestion du prêt et concernent à la fois informations sur les emprunts et les informations nécessaires pour vérifier :

1) Où se trouve le document ?
2) Quel document est en bibliothèque ?
3) Quel document est emprunté ?
4) Qui l'a emprunté (identité du lecteur) ?
5) Quand ce document doit revenir ?
6) Etc.

II.3.4. Informations sur les emprunteurs

Les emprunteurs constituent le public de la bibliothèque, un emprunteur c'est celui qui va recevoir un document en communication sur place dans la bibliothèque ou qui va le sortir de la bibliothèque pour en disposer chez lui, pendant un laps de temps déterminé par le règlement.

Pour chaque lecteur, la B.U. dispose des informations suivantes :

1) Nom, prénom du lecteur,
2) Adresse précise (faculté ou domicile),
3) Date de naissance (permet de lever les ambiguïtés en cas d'homonymie).

Au début de chaque année universitaire, les nouveaux usagers adressent la demande d'accès aux différentes bibliothèques universitaires et donnent leur photos et identification. Une carte d'abonné est ensuite établie pour chaque lecteur et comprend les mêmes éléments d'information contenus dans le registre avec quelques spécifications supplémentaires (n° d'ordre du lecteur, n° de la carte d'étudiant, année d'étude, etc.). Pour les anciens, les cartes de lecteur sont validées à chaque début d'année.

Opération du prêt

Le lecteur qui désire emprunter un document pour la consulter sur place ou à domicile, consulte d'abord les différents fichiers (auteurs, matières, thèses, etc.) pour en obtenir les références exactes. Un bulletin de demande de prêt est mis à sa disposition, sur lequel il porte son nom, son prénom, la cote du document souhaité. La demande de prêt est soumise au préposé chargé du prêt. Celui-ci regarde la cote de l'ouvrage sollicité puis se reporte au fichier des documents pour vérifier la présence dudit ouvrage et en même temps son statut. (Ouvrage exclu du prêt à domicile ou non).

Si le lecteur doit consulter l'ouvrage sur place parce qu'il le désire lui-même ou bien parce que l'ouvrage est exclu du prêt à domicile, sa carte d'étudiant ainsi que le bulletin de demande de prêt sont retenus à la banque de prêt jusqu'à ce qu'il retourne le document dans le délai réglementaire. A ce moment, il retire sa carte et se trouve du coup déchargé vis-à-vis de la bibliothèque. Par contre, si le prêt à domicile du document est permis par le règlement, le bibliothécaire, après avoir vérifié la présence de l'exemplaire demandé, se reporte au ‘‘fichier nominatif des lecteurs’’ pour vérifier si le lecteur en question est en ordre vis-à-vis de la bibliothèque.

Une fiche de demande de prêt est remplie avec :

1) Une Cote du livre
2) Volume ou tome
3) Auteur
4) Un Titre
5) Une Année d'édition
6) Une Date du prêt

7) Un Nom et une adresse précise du lecteur

Cette fiche d'emprunt, signé du lecteur est insérée au fichier numérique des ouvrages, derrière, la cote correspondant au document emprunté. Quant au bulletin de demande, il est classé au fichier nominatif des lecteurs. Ces fichiers permettent de contrôler tous les mouvements des documents en circulation.

Au moment où le lecteur ramène le ou les documents empruntés, le préposé au prêt regarde la cote du document, se reporte successivement au fichier numérique et au fichier nominatif, en retire la fiche de prêt et le bulletin de demande pour le détruire. Le lecteur est alors déchargé vis- à-vis de la bibliothèque.

Par ailleurs, les fichiers suscités permettent de procéder aux réclamations quand les délais accordés à l'emprunteur sont largement dépassés. Mais, la réclamation ne se fait souvent que très tard après l'expiration du délai car les fichiers ne permettent pas en réalité de déceler immédiatement les retards.

Le récolement

Le récolement intervient dans la gestion de circulation pour vérifier la présente effective des documents inventoriés au préalable dans les registres. Il s'agit de vérifier la présence des documents en rayons, ou de retrouver soit leurs fiches de prêt s'ils ont été empruntés soit leur nouvel emplacement s'ils ont été déplacés pour un autre endroit de la bibliothèque**.**

Dans la pratique, le récolement à la B.C. se déroule de la manière suivante : le personnel se constitue en équipes et chaque équipe se charge d'une série d'ouvrages. Les agents vont aux rayons pour faire le décompte spécifique de tous les ouvrages individuellement (exemplaire par exemplaire) :

1) Sur une fiche dite de récolement, on relève les numéros d'inventaire de tous les ouvrages absents des rayons. Tout ouvrage absent des rayons pouvant être prête ou déplacé
2) On se reporte ensuite aux fichiers de prêt pour signaler les ouvrages empruntés ou déplacés, donc qui ne sont pas perdus en principe

Après ces opérations, les documents qui ne se trouvent ni en rayon, ni en situation de prêt, ni dans un secteur quelconque de la bibliothèque sont considérés comme perdus.

Procédant par une méthode purement manuelle, le récolement est une opération longue et fastidieuse.

II.3.5. Outils du système manuel

Ici, nous faisons un inventaire, d'une part, des instruments (fichiers, registres, etc.) qui permettent de gérer les activités de la B.C. et d'autre part, des outils et produits documentaires mis à la disposition des lecteurs pour les orienter ou les informer.

Il s'agit en fait, de récapituler les fichiers et autres instruments dont nous avons parlé jusqu'à présent, et d'ajouter à leur liste ceux dont nous n'avons pas parlé dans les pages précédentes.

Cet inventaire nous permettra de constater le nombre, l'utilité ou l'inutilité de ces outils sur lesquels repose le système manuel. Selon l'objet pour laquelle ils ont été créés, nous les avons classés en :

1) Outils de gestion interne,
2) Outils mixtes,
3) Produits documentaires.

Outils de gestion interne

Ce sont les registres, fichiers et tout autre instrument servant à la gestion interne de la bibliothèque :

1°) Le registre inventaire

2°) Le fichier « livres commandés »

3°) Le fichier « livres arrivés »

4°) Le chrono des listes de commandes

Outils mixtes

Ce sont les fichiers qui servent à la fois à l'orientation des lecteurs aux gestionnaires de la bibliothèque.

1°) Le fichier Auteurs et Anonymes

2°) Le fichier Matières

3°) Le fichier des thèses

4°) Le fichier des périodiques

Produits documentaires

Par ce terme nous entendons toutes les publications et compilations que la Bibliothèque de l'UB met à la disposition de ses lecteurs pour mieux les informer de la richesse de ses collections. Bien que limitée par des moyens matériels, la B.C. s'évertue à produire de temps en temps des répertoires, listes des nouvelles acquisitions, etc.

1°) les nouvelles acquisitions

2°) la liste d'articles dépouillés

3°) le Catalogue collectif des publications périodiques

II.3.6. Recherche manuelle

Des fichiers et auteurs outils du système manuel que nous venons de décrire, certains offrent des possibilités de recherche l'idéal serait qu'on puisse faire des recherches dans tous ces fichiers. La recherche que nous appelons manuelle parce que reposant sur des outils manuels et recouvre, à nos yeux, deux types de recherche :

1) D'une part, il y a la recherche menée en vue d'obtenir les références des documents et /ou de les emprunter (recherche documentaire),
2) D'autre part, la recherche des informations autres que les références des documents (informations d'ordre administratif, financier, etc.).

La recherche documentaire

Elle est l'activité par laquelle le bibliothécaire ou l'usager recherche les références des documents précédemment stockées dans divers fichiers de la bibliothèque. La recherche documentaire a pour but final de satisfaire :

1) Les besoins des lecteurs qui s'expriment par : le prêt des documents eux-mêmes ou l'élaboration d'une bibliographie sélective ;
2) Les besoins internes de la bibliothèque, relatifs à la gestion du système : avant de lancer les commandes, il faut vérifier les fiches des documents lors du prêt, les informations sur les documents absents, présents, etc. sont nécessaires.

Au niveau de la recherche, le bibliothécaire et les lecteurs, aussi bien les responsables de la bibliothèque pouvant faire la recherche ou demander qu'on la leur fasse, le système automatisé de gestion que nous allons mettre en place va permettre une restitution satisfaisante et rapide des informations souhaitées.

II.4. Critique de l'existant

Les bibliothèques au travers le monde ont opté pour l'utilisation de certains systèmes intégrés de gestion des bibliothèques, parmi lesquels les plus repandus sont :

KOHA

Il a été conçu initialement en 1999 en Nouvelle-Zélande, et à ce titre il est le premier SIGB Libre à avoir été mis en oeuvre en tant que logiciel open source. C'est la firme informatique néo-zélandaise Katipo qui l'a développé.

Il est proposé sous licence GPL (General Public Licence qui est une licence qui fixe les conditions légales de distribution des logiciels libres. La GPL est la licence de logiciel libre la plus utilisée.), trois sociétés se partagent les projets actuels de déploiement : BibLibre, Tamil et Progilone. *8*

OPENFLORA

C'est la version libérée du SIGB Flora développé par Ever Team, sous licence Cecill2. Cette solution existe depuis février 2010 et intègre toutes les fonctionnalités de bibliothéconomie de Flora (catalogage, acquisition, gestion des abonnements, circulation). Flora est une suite logicielle complètement réécrite en 2005 mais s`appuyant sur plus de 15 ans d'expérience avec la gamme Doris-Loris. A noter que des modules fonctionnels propriétaires de Flora peuvent s'interfacer avec OpenFlora.

PMB

Il est né en 2002. Porté dans un premier temps par la communauté, son développement a été accéléré par la création de la société PMB Services en 2004. PMB est disponible sous licence Cecill. Un certain nombre de prestataires se sont impliqués dans le développement de PMB, toutefois PMB Services reste le principal intervenant.

EVERGREEN

Il est un logiciel open source sous licence GPL qui dispose d'une petite communauté très dynamique. Démarré outre-Atlantique en 2004, sa grande spécificité est de pouvoir gérer des ressources de nombreuses bibliothèques et consortiums.

Pour notre cas, la bibliothèque centrale de l'U.B elle aussi n'est pas restée en arrière dans l'utilisation des SIGB. Parmi les SIGB cités ci-haut, la bibliothèque centrale de l'U.B a choisi l'utilisation de KOHA.

Bien qu'elle ait déjà en sa disposition un apport technologique, la gestion de la bibliothèque centrale de l'U.B accuse encore des retards dans l'automatisation de certaines fonctions, parmi lesquelles nous citons :

1) Difficulté dans la recherche des livres car jusqu'à maintenant on utilise le système des fichiers et cela fatigue les visiteurs puisque ces fichiers sont éparpillés ici et là dans la bibliothèque
2) Difficulté d'accéder à un livre électronique car tous les livres qui s'y trouvent existent sous forme physique
3) Utilisation d'un système d'identification automatique traditionnel et cette technologie a une marge d'erreur importante. La technologie utilisée pour identifier automatiquement un document est la technologie de Code-barres.

C'est dans cette perspective d'apporter une solution à ces différents problèmes cités que nous avons pensé à développer un système amélioré automatisant le processus de gestion de cette bibliothèque. Avec ce système un visiteur n'aura plus besoin d'aller fouiller dans les fichiers pour chercher la référence des livres ou autres documents qu'il a besoin dans cette bibliothèque.

II.5. Solutions proposées

Pour y arriver, je propose la mise en place d'une application qui permet de faire une recherche des documents sans toutefois aller dans les fichiers, capable de résoudre les problèmes d'erreur posés par les codes-barres. Cette application facilite aux utilisateurs qui l'utilisent, et donne la confidentialité sur les données, le gain du temps.

Le projet propose les outils qui gèrent l'ensemble des fonctions de la bibliothèque, qui crée d'une base de données centrale qui va englober tous les livres de l'U.B, met à jour en temps réel des informations, et facilite le contrôle.

Ces outils sont entre autres les lecteurs QR Code (ordinateurs munis des webcams, smartphone) pour l'identification automatique des documents, les scanneurs pour la numérisation des livres existant dans la bibliothèque. Dans notre travail, nous avons proposé de mettre en place une application web.

CHAPITRE III : METHODOLOGIE, CONCEPTION ET MODELISATION DU SYSTEME

III.1. Introduction

L`analyse a pour but de structurer les besoins de façon à structurer leur compréhension. La conception consiste à étudier les spécifications de différentes démarches en respectant les règles de la conception. La phase conceptuelle est une étape fondamentale pour la réalisation de n'importe quel système. Elle permet de réaliser l'implémentation du système d'information et de la base de données. La conception cherche à décrire les moyens et les outils possibles pour implémenter l'application. Dans le processus de conception, il existe plusieurs types de méthodes dont la méthode classique, cartésienne (SADT), systémique (MERISE) et les méthodes à objets (UML).

Pour la conception de notre modèle application, on a jugé bon d'utiliser l'UML (en anglais Unified Modeling Language ou « langage de modélisation unifié ») qui est un langage de modélisation graphique.

Il est apparu dans le monde du génie logiciel, dans le cadre de la conception orientée objet. En effet, l'UML permet une meilleure conception avec ses notions
d'objets et de classes, et donne une décomposition claire et simple afin de dégager les fonctions ou cas d'utilisations, les structures avec les objets et les classes nécessaires mais aussi le dynamique comportemental avec les états, les séquences, les activités.[1]

III.2.Méthodologie

La mise en œuvre d'une méthodologie formelle permet de formaliser clairement les étapes du développement d'un système afin de rendre le résultat plus fidèle aux besoins et aux attentes de l'application.

Le logiciel est l'objet de plusieurs activités de développement au cours de sa vie. Pour le cas de notre système d'automatisation de la bibliothèque centrale de l'université du Burundi, nous avons opté pour l'application du processus de développement en V qui demeure actuellement le cycle de vie le plus connu.

Ce cycle se représente selon le modèle de la figure suivante :

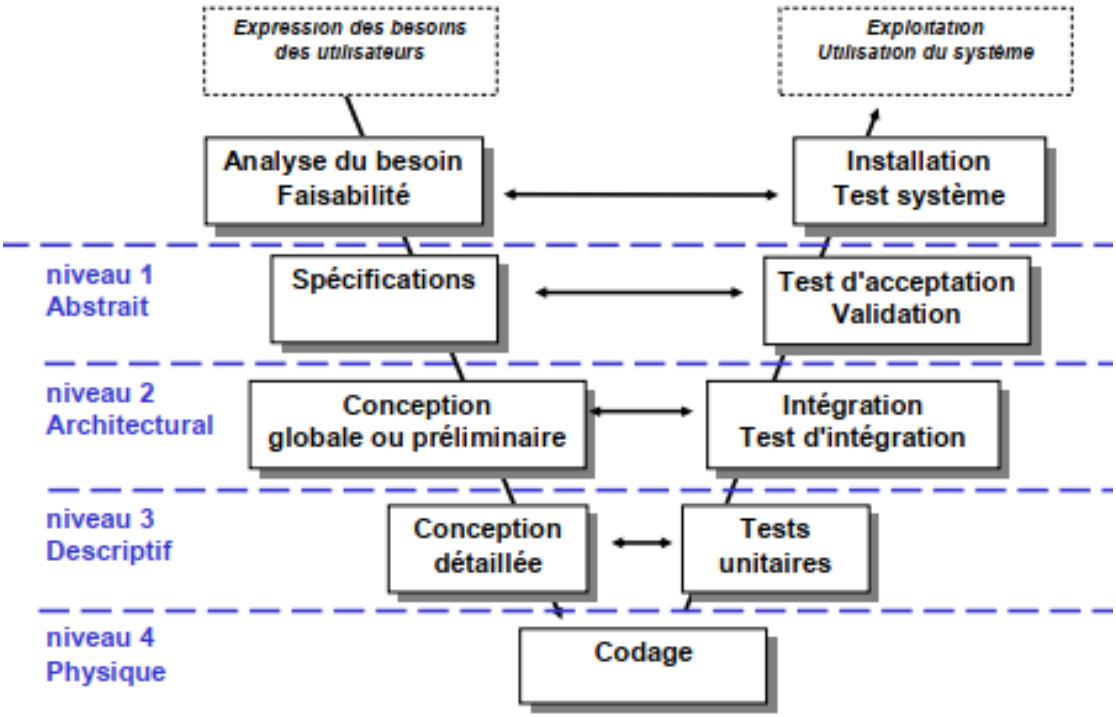


Figure 2 : Cycle de vie du logiciel, modèle en V

La conception générale et détaillée, sera réalisée en s'appuyant sur le langage de modélisation UML (Unified Modeling Language) en appliquant les principes de la méthodologie qui vise à réduire le cycle de vie du logiciel, c'est-à-dire accélérer son développement en appliquant une version minimale, puis en intégrant les fonctionnalités par un processus itératif basé sur une écoute client et des tests tout au long du cycle de développement.

III.3. Langage de modélisation

Dans la conception d'un système d'information, la modélisation des données est l'analyse et la conception de l'information contenue dans le système afin de représenter la structure de ces informations et de structurer le stockage et les traitements informatiques.

Donc la modélisation est constituée de deux composantes :

1) L'analyse, c'est-à-dire l'étude du problème
2) La conception qui est la phase fondamentale dans le cycle de vie d'un logiciel et a pour but de déduire la spécification de l'architecture du système , elle facilite le système d'information et réalise l'implémentation de la base de données et le traitement.

III.3.1. Qu'est-ce qu'un modèle ?

Un **modèle** est une abstraction de la réalité.

L'abstraction est un des piliers de l'approche objet : il s'agit d'un processus qui consiste à identifier les caractéristiques intéressantes d'une entité, en vue d'une utilisation précise.

L'abstraction désigne aussi le résultat de ce processus, c'est-à-dire l'ensemble des caractéristiques essentielles d'une entité, retenues par un observateur.

Un modèle est une vue subjective mais pertinente de la réalité. Un modèle définit une frontière entre la réalité et la perspective de l'observateur. Ce n'est pas "la réalité", mais une vue très subjective de la réalité. **[15]**

Bien qu'un modèle ne représente pas une réalité absolue, un modèle reflète des aspects importants de la réalité, il en donne donc une vue juste et pertinente.

III.3.2. Notion d'objet

Un objet est un élément identifiable qui a des caractéristiques et un état. Il est une chose qui existe ou qui peut être vue, touchée, sentie et pour laquelle les utilisateurs peuvent stocker des informations descriptives et lui associer un comportement.

Les objets ont trois caractéristiques : Une identité, un état et un comportement :

Une identité est le pont particulier qui permet de distinguer un objet des autres.
L'état est l'une des possibles conditions dans lequel l'objet peut exister. L'état d'un objet change naturellement avec le temps. L'état décrit les propriétés ou les données stockées dans les objets.
Le comportement d'un objet décrit les messages que l'objet peut comprendre et communiquer à d'autres objets.

III.3.3. Représentation d'un objet

Un objet est représenté sous forme rectangulaire dans lequel le nom de l'objet est souligné.



III.3.4. Attribut d’un objet

Un objet est caractérisé par ses attributs, c’est-à-dire qu’un attribut représente les caractéristiques d’un objet. L’ensemble des valeurs d’attributs constitue l’état d’un objet. Un attribut est une propriété d’un objet.

D’une façon générale la modélisation consiste à créer une représentation virtuelle d’une réalité de telle façon à faire ressortir les points auxquels on s’intéresse. Dans le cadre de notre projet on a utilisé la méthodologie UML pour la modélisation des différents diagrammes.

III.4. Présentation du modèle UML

Le terme en anglais UML signifie « Unified Modeling Language » traduit en français « Langage de Modélisation Objet Unifié » qui est un langage de modélisation graphique et textuel.

Elle permet de comprendre, décrire, spécifier et de documenter les systèmes. La modélisation permet aussi d’analyser et de concevoir des systèmes en se basant sur la création des modèles successifs afin de mener des bonnes solutions sur les problèmes évoqués

III.4.1. Historique du modèle UML

Par rapport à la cinquantaine de méthodes d'analyse et de conception objet qui existaient au début des années 90, seulement trois d'entre elles se sont détachées nettement au bout de quelques années. En effet, la volonté de converger vers une méthode unifiée était déjà bien réelle et c'est pour cette raison que les méthodes OMT, BOOCH et OOSE se sont démarquées des autres.

OMT (Object Modeling Technique) de James Rumbaugh et BOOCH de GradyBooch ont été les deux méthodes les plus diffusées en France et partout ailleurs durant les années 90. Par ailleurs, OOSE de Ivar Jacobson s'est aussi imposée dans le monde objet pour la partie formalisation des besoins.

Pour aller plus loin dans le rapprochement, James Rumbaugh et GradyBooch se sont retrouvés au sein de la société Rational Software et ont été ensuite rejoints par Ivar Jacobson en se donnant comme objectif de fusionner leurs méthodes et créer UML (UnifiedMethodeLanguage).

Il est important de noter que contrairement à ce qui avait été envisagé au départ, le processus de développement a été sorti du champ couvert par le projet de norme. UML est donc une norme du langage de modélisation objet qui a été

publiée, dans sa première version, en novembre 1997 par l'OMG (Object Management Group), instance de normalisation internationale du domaine de l'objet. En quelques années, UML s'est imposée comme standard à utiliser en tant que langage de modélisation objet. 2

III.4.2. Diagrammes UML

UML est un langage de modélisation. La version actuelle, UML 2.5, propose 14 types de diagrammes dont sept structurels et sept comportementaux. À titre de comparaison, UML 1.3 comportait 25 types de diagrammes [10].

UML n'étant pas une méthode, l'utilisation des diagrammes est laissée à l'appréciation de chacun. Le diagramme de classes est généralement considéré comme l'élément central d'UML. Des méthodes, telles que le processus unifié proposé par les créateurs originels de UML, utilisent plus systématiquement l'ensemble des diagrammes et axent l'analyse sur les cas d'utilisation (« use case ») pour développer par itérations successives un modèle d'analyse, un modèle de conception, et d'autres modèles. D'autres approches se contentent de modéliser seulement partiellement un système, par exemple certaines parties critiques qui sont difficiles à déduire du code.[10]

- UML se décompose en plusieurs parties :

1) Les *vues* : ce sont les observables du système. Elles décrivent le système d'un point de vue donné, qui peut être organisationnel, dynamique, temporel, architectural, géographique, logique, etc. En combinant toutes ces vues, il est possible de définir (ou retrouver) le système complet.
2) Les *diagrammes* : ce sont des ensembles d'éléments graphiques. Ils décrivent le contenu des vues, qui sont des notions abstraites. Ils peuvent faire partie de plusieurs vues.
3) Les *modèles d'élément* : ce sont les éléments graphiques des diagrammes.

Vues

Une façon de mettre en œuvre UML est de considérer différentes *vues* qui peuvent se superposer pour collaborer à la définition du système :

1) *Vue des cas d'utilisation* (*use-case view*) : c'est la description du modèle vu par les acteurs du système. Elle correspond aux besoins attendus par chaque acteur (c'est le quoi et le qui).

2) *Vue logique* (*logical view*): c'est la définition du système vu de l'intérieur. Elle explique comment peuvent être satisfaits les besoins des acteurs (c'est le comment).
3) *Vue d'implémentation* (*implementation view*) : cette vue définit les dépendances entre les modules.
4) *Vue des processus* (*process view*) : c'est la vue temporelle et technique, qui met en œuvre les notions de tâches concurrentes, stimuli, contrôle, synchronisation…
5) *Vue de déploiement* (*deployment view*) : cette vue décrit la position géographique et l'architecture physique de chaque élément du système (c'est le où).

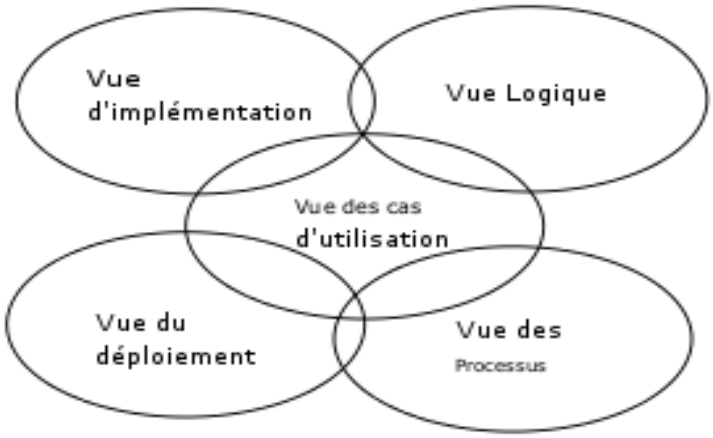


Figure 3 : Vues UML

En UML 2.5, les diagrammes sont représentés sous deux types de vue : d'un point de vue statique ou structurelle du domaine avec les diagrammes de structure (Structure Diagrams). **[16]**
D'un point de vue dynamique avec les diagrammes de comportement (Behavior Diagrams) et les diagrammes d'interactions (Interaction Diagrams).

Les diagrammes sont dépendants hiérarchiquement et se complètent, de façon à permettre la modélisation d'un projet tout au long de son cycle de vie. Il en existe quatorze depuis UML 2.3 et sont regroupés en deux categories.[10]

Diagrammes de structure ou diagrammes statique

Il**s** représentent l'aspect statique d'un système. Ils permettent d'identifier les objets constituant le programme, leurs attributs, leurs opérations qui leurs sont associes. Ils représentent le système physiquement

Il s’agit de :

1) Diagramme de classes (class diagram)
2) Diagramme d’objets (object diagram)
3) Diagramme de composant (component diagram)
4) Diagramme de déploiement (deployment diagram)
5) Diagramme des paquets (package diagram)
6) Diagramme de structure composite (composite structure diagram)
7) Diagramme de profils (profile diagram)

Diagrammes de comportement ou diagrammes dynamiques

Ils représentent la partie dynamique d’un système réagissant aux événements et permettant de produire les résultats attendus par les utilisateurs. Il s’agit de :

1) Diagramme des cas d’utilisation (use-case diagram)
2) Diagramme états-transitions (state machine diagram)
3) Diagramme d’activité (activity diagram)
4) Diagramme de séquence (sequence diagram)
5) Diagramme de communication (communication diagram)
6) Diagramme global d’interaction (interaction overview diagram)
7) Diagramme de temps (timing diagram)

On peut résumer les diagrammes UML comme la montre la figure 4 :

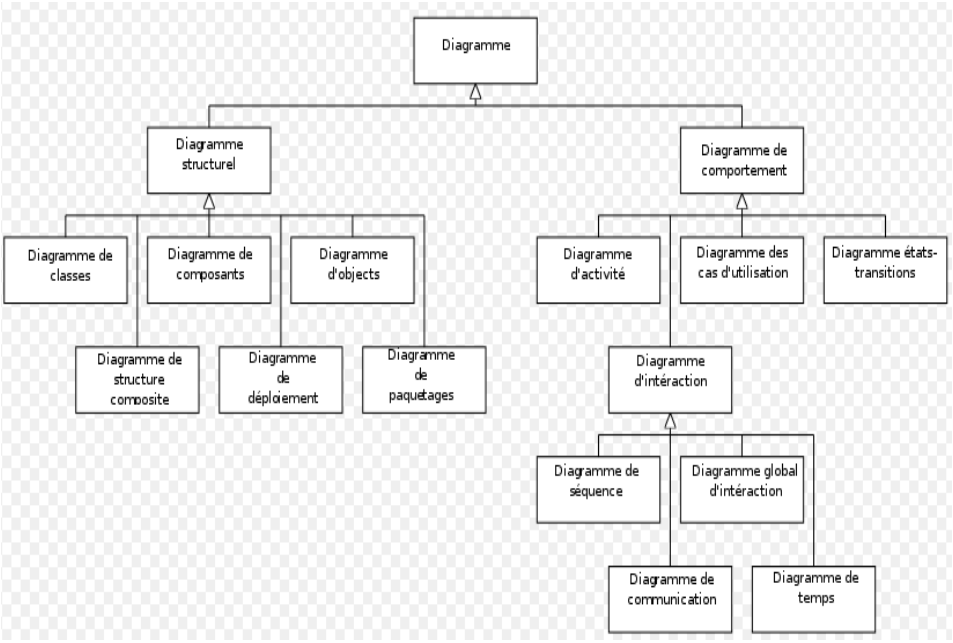
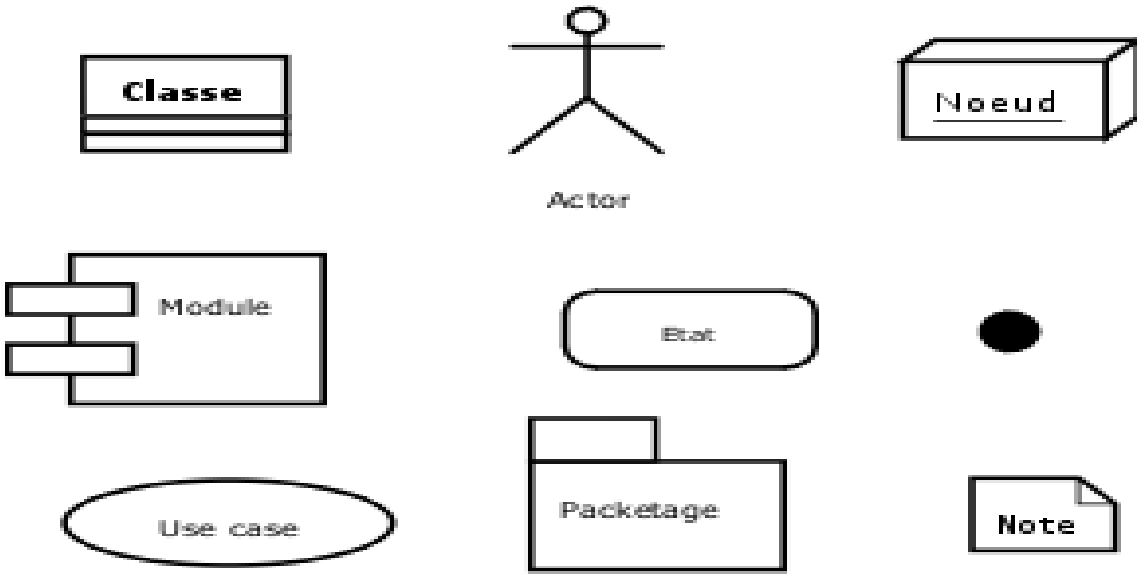


Figure 4 : Diagrammes UML

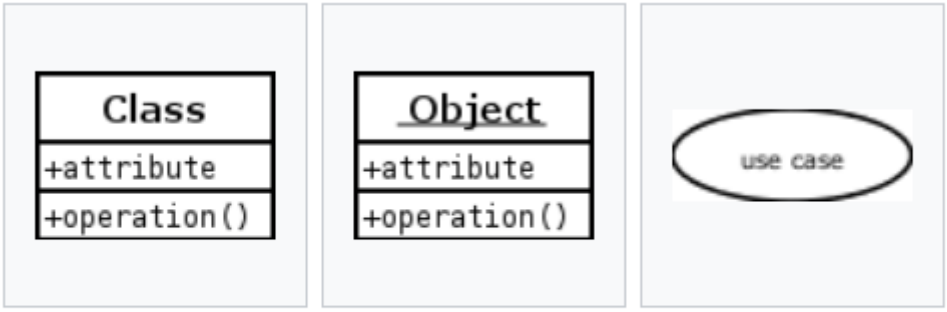
Modèles d'éléments

1) Un *stéréotype* est une marque de généralisation notée par des guillemets, montrant que l'objet est une variété d'un modèle.
2) Un *classeur* est une annotation qui permet de regrouper des unités ayant le même comportement ou structure. Un classeur se représente par un rectangle conteneur, en traits pleins.
3) Un *paquet* regroupe des diagrammes ou des unités.
4) Chaque classe ou objet se définit précisément avec le signe « :: ». Ainsi l'identification d'une classe X en dehors de son paquet ou de son classeur sera définie par « Paquet A::Classeur B::Classe X

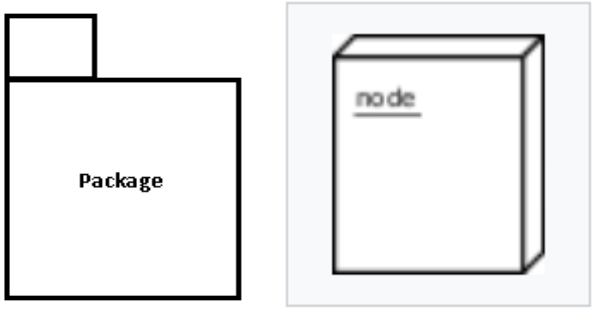
Modèles d’éléments UML



D’une façon détaillée on a :



Classe (*class*). Objet (*object*). Cas d'utilisation (*use case*).



Paquet (Package) Nœud (*node*).



Acteur (*actor*). État (*state*). Activité (*activity*).

Fourche

● État initial (*initial state*).

◉ État final (*final state*).

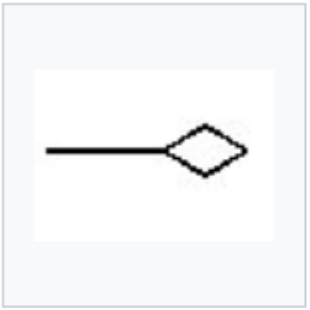
Interface (*interface*).

- O←--- sens du flux de l'interface.
- O) ----- est un raccourci pour la superposition de ---→O et O←---.

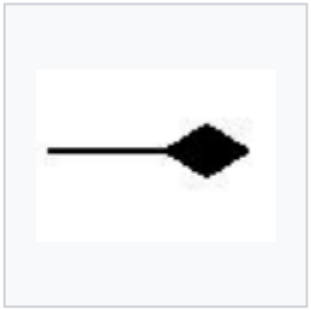
Modèles d'éléments de type relation



Dépendance
(*dependency*).



Agrégation
(*aggregation*).



Composition
(*composition*).

Diagramme de Classes

Le Diagramme de classe constitue un élément essentiel dans la modélisation avec UML. Il donne la représentation statique du système à développer articulé sur les notions de classe et d'association. Chaque classe se décrit par les données et les traitements qui sont matérialisées par des opérations. La description du diagramme de classe est fondée sur : **[17]**

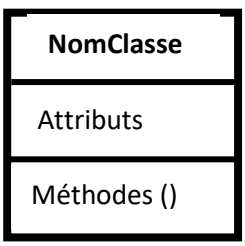
L'objet qui est un concept, une abstraction ou une chose qui a un sens dans le contexte du système à modéliser. Chaque objet a une identité et peut être distingué des autres. Il est caractérisé par les valeurs de ses attributs qui lui confèrent des états significatifs.

La classe qui décrit un groupe d'objet ayant les mêmes propriétés (attributs), un même comportement et une sémantique commune .Un objet est une instance d'une classe et la classe représente l'abstraction de ses objets. 1

Une classe se représente à l'aide d'un rectangle comportant plusieurs compartiments. Ces compartiments sont entre autres :

1) La désignation de classe
2) La description des attributs
3) La description des opérations

La figure suivante représente le formalisme d'une classe



Un attribut est une propriété élémentaire d'une classe. Pour chaque objet d'une classe, l'attribut prend une valeur. La définition d'une classe est complétée par l'ensemble des opérations qu'elle peut exécuter. Une opération est une fonctionnalité assurée par la classe

Diagramme de déploiement

Représentation des éléments matériels (ordinateurs, périphériques, réseaux, systèmes de stockage…) et la manière dont les composants du système sont répartis sur ces éléments matériels et interagissent entre eux.

Les éléments utilisés par un diagramme de déploiement sont principalement les **nœuds**, les **composants**, les **associations** et les **artefacts**. Les caractéristiques des ressources matérielles physiques et des supports de communication peuvent être précisées par stéréotype. 2

1) Les nœuds (*nodes*), représentés par des cubes, sont des composants mécaniques de l'infrastructure tel un routeur, un ordinateur, un assistant personnel... Ceux-ci peuvent comprendre d'autres nœuds ou artefacts. Les nœuds internes indiquent l'environnement d'exécution plutôt que l'infrastructure physique
2) Les composants, représentés par des boites rectangulaires avec deux rectangles sortant du côté gauche, sont les différentes parties du système étudié.
3) Les connexions sont principalement de deux types : associations ou dépendances.
4) Les associations, représentées par de simples lignes sont des liens de communication, s'établissent entre les différents **composants** du système.
5) Les dépendances, représentées par des flèches vides, sont régies par les règles standard de l'UML 2.0.

Une dépendance logicielle se conçoit dans le cadre d'une intégration de paquet logiciel en vue de construire un agrégat logiciel. Une dépendance exprime des relations entre paquets :

1) De pré-requis d'inclusion conditionnelle ;
2) De post-requis d'inclusion conditionnelle ;
3) De hiérarchie d'utilisation (j'utilise, je suis utilisé par) ;
4) D'exclusion conditionnelle ;
5) De suggestion.

Les conditions portent notamment sur :

1) Des versions de paquet (inférieur, supérieur ou compris entre deux limites) ;
2) Des choix alternatifs (choisir parmi un ensemble de paquets offrant les mêmes fonctionnalités) ;
3) Des ordres d'installation.

Un **artefact** est une manière de définir un fichier, un programme, une bibliothèque ou une base de données construite ou modifiée dans un projet. Ces artefacts mettent en œuvre des collections de composants qui sont consommées ou créées durant l'une des étapes du processus de déploiement.La figure 3.4 montre le formalisme du diagramme de déploiement

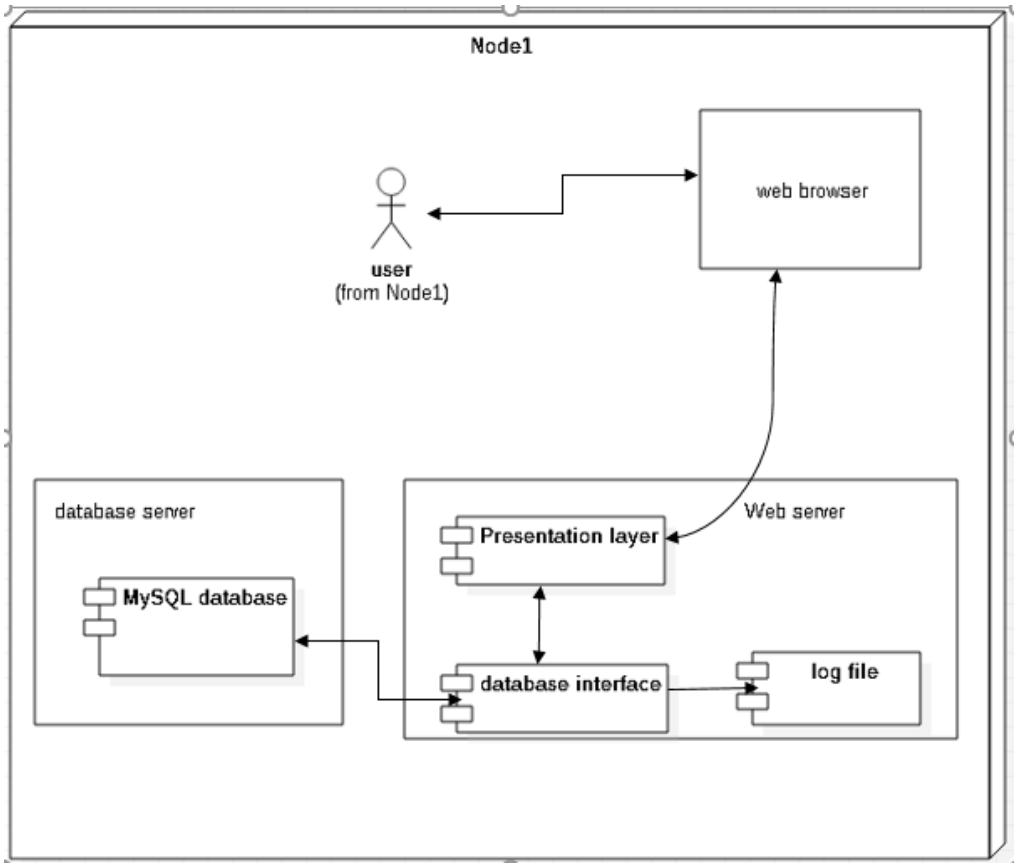


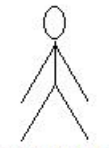
Figure 5 : Formalisme du diagramme de déploiement

1) Le serveur d'application est responsable de la gestion des sessions utilisateurs.
2) Le serveur de données représente la partie centrale qui gère la base de données (MYSQL) et ses accès.
3) Le serveur web transmet à l'utilisateur le résultat de la requête envoyé.

Diagramme des cas d'utilisation

Les diagrammes de cas d'utilisation (DCU) sont des diagrammes UML utilisés pour une représentation du comportement fonctionnel d'un système logiciel. Ils sont utiles pour des présentations auprès de la direction ou des acteurs d'un projet, mais pour le développement, les cas d'utilisation sont plus appropriés. En effet, un cas d'utilisation (*use cases*) représente une unité discrète d'interaction entre un utilisateur (humain ou machine) et un système. Ainsi, dans un diagramme de cas d'utilisation, les utilisateurs sont appelés acteurs (actors), et ils apparaissent dans les cas d'utilisation.[1]

1) **Cas d'utilisation** : Ils permettent de décrire l'interaction entre l'acteur et le système. L'idée forte est de dire que l'utilisateur d'un système logiciel a un objectif quand il utilise le système ! Le cas d'utilisation est une description des interactions qui vont permettre à l'acteur d'atteindre son objectif en utilisant le système. Les *use case* (cas d'utilisation) sont représentés par une ellipse sous-titrée par le nom du cas d'utilisation (éventuellement le nom est placé dans l'ellipse). Un acteur et un cas d'utilisation sont mis en relation par une association représentée par une ligne.
2) **Acteurs :** Ils sont des entités externes qui interagissent avec le système, comme une personne humaine ou un robot. Une même personne (ou robot) peut être plusieurs acteurs pour un système, c'est pourquoi les acteurs doivent surtout être décrits par leur rôle, ce rôle décrit les besoins et les capacités de l'acteur. Un acteur agit sur le système. L'activité du système a pour objectif de satisfaire les besoins de l'acteur. Les acteurs sont représentés par un pictogramme humanoïde (stick man) sous-titré par le nom de l'acteur.



(Acteur)

3) **Catégories d'acteurs** : Un acteur peut avoir différents rôles et est amené à intervenir dans une ou plusieurs situations. On identifie quatre.

1. Initiateur : acteur qui active le système et déclenche le cas.
2. Serveur : acteur aidant le système à assumer ses responsabilités.
3. Receveur : acteur recevant les informations du système (système de *backup*)

4. Facilitateur : acteur dont les actions sont effectuées au bénéfice d'un autre acteur

4) Relations : Trois types de relations sont prises en charge par la norme UML et sont graphiquement représentées par des types particuliers de ces relations. Les relations indiquent que le cas d'utilisation source présente les mêmes conditions d'exécution que le cas issu. Une relation simple entre un acteur et une utilisation est un trait simple. Il s'agit de :

1. **Inclusions :** Dans ce type d'interaction, le premier cas d'utilisation inclut le second et son issue dépend souvent de la résolution du second. Ce type de description est utile pour extraire un ensemble de sous-comportements communs à plusieurs tâches, comme une macro en programmation. Elle est représentée par une flèche en pointillé et le terme ***include***.
2. **Extensions :** Les extensions (*extend*) représentent des prolongements logiques de certaines tâches sous certaines conditions. Autrement dit un cas d'utilisation A étend un cas d'utilisation B lorsque le cas d'utilisation A peut être appelé au cours de l'exécution du cas d'utilisation B. Elle est représentée par une flèche en pointillée avec le terme ***extend***. Ce type de relation peut être utile pour traiter des cas particuliers ou fonctions optionnelles, préciser les objectifs, ou encore pour tenir compte de nouvelles exigences au cours de la maintenance du système et de son évolution.
3. **Généralisations :** La troisième relation est la relation de généralisation ou spécialisation. Le cas d'utilisation A est une généralisation de B, si B est un cas particulier de A c'est-à-dire lorsque A peut-être substitué par B pour un cas précis. Ces relations sont des traits pleins terminés par une flèche en triangle.

Diagramme d'états-transitions

Les diagrammes d'état sont des automates à états, composés d'états, de transitions, d'événements et d'activités.

Ils présentent la vue dynamique d'un système, sont particulièrement importants dans la modélisation du comportement d'une interface, d'une classe ou d'une collaboration et mettent l'accent sur le comportement d'un objet ordonnancé par les événements, ce qui est particulièrement utile dans la modélisation des systèmes réactifs.

Etat : Condition dans laquelle se trouve un objet

Transition : Chemin entre deux états

Évènements : Occurrence qui survient dans le domaine

Symbole :

Etat initial

Etat

Etat final

Décision

Représentation graphique des évènements du diagramme d'états-transitions

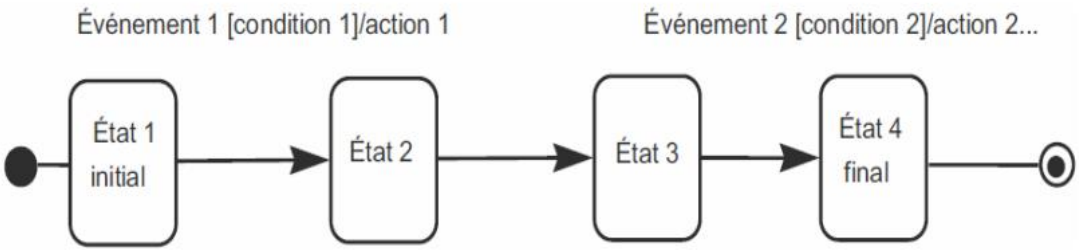


Diagramme d'activité

Les diagrammes d'activités sont un type particulier de diagrammes d'état, qui décrit la succession des activités au sein d'un système. Ils présentent la vue dynamique d'un système, sont particulièrement importants dans la modélisation de la fonction d'un système et mettent l'accent sur le flot de contrôle.

Les concepts communs ou très proches entre le diagramme d'activité et le diagramme d'état-transition sont :

1) Transition
2) Nœud initial (état initial)
3) Nœud final (état final)
4) Nœud de décision (choix)

La figure 6 représente le formalisme du diagramme d'activité :

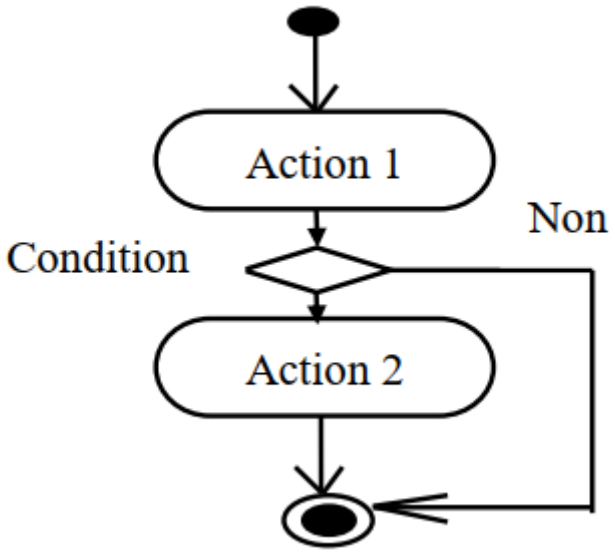


Figure 6 : Formalisme du diagramme d'activité

Diagramme de séquence

Les diagrammes de séquence permettent de représenter la succession chronologique des opérations réalisées par un acteur et qui font passer d'un objet à un autre pour représenter un scénario. La figure 7 représente le formalisme du diagramme de séquence.

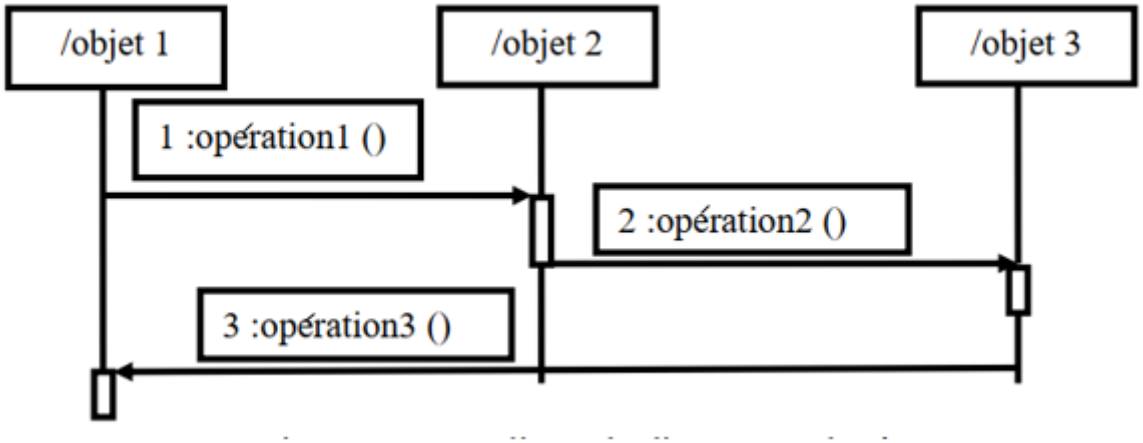


Figure 7 : Formalisme du diagramme de séquence

Diagramme de communication

Un **diagramme de communication** est un diagramme d'interactions UML 2.0 (appelé **diagramme de collaboration** en UML 1), représentation simplifiée

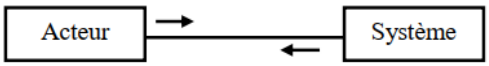
d'un diagramme de séquence se concentrant sur les échanges de messages entre les objets. En fait, le diagramme de séquence et le diagramme de communication sont deux vues différentes mais logiquement équivalentes (on peut construire l'une à partir de l'autre) d'une même chronologie, ils sont dits isomorphes.

C'est une combinaison entre le diagramme de classes, celui de séquence et celui des cas d'utilisation. Il rend compte à la fois de l'organisation des acteurs aux interactions et de la dynamique du système.

C'est un graphe dont les nœuds sont des objets et les arcs (numérotés selon la chronologie) les échanges entre objets.

Un diagramme de communication montre les interactions entre les objets et leurs
liens. Un diagramme de collaboration montre les relations entre les objets et l'ordonnancement est explicité par des numéros de séquencement.

La figure suivante montre le formalisme du diagramme de communication :



III.5. Modélisation d'un nouveau système d'automatisation de la gestion d'une bibliothèque.

III.5.1. Diagramme de cas d'utilisation

Le diagramme de cas d'utilisation permet de décrire les interactions entre les acteurs et le système. Un acteur est une entité (personne ou objet ou encore système) qui agit sur le système. Il a donc une influence dans l'aspect fonctionnel du système. Un cas d'utilisation représente un ensemble de séquences d'action qui sont réalisées par le système et qui produisent un résultat observable par un acteur particulier. Dans notre cas, les différents acteurs qui s'authentifient au système sont les visiteurs (Etudiants, Enseignants et autres), les bibliothécaires et l'administrateur et se représentent sur la figure 8 :

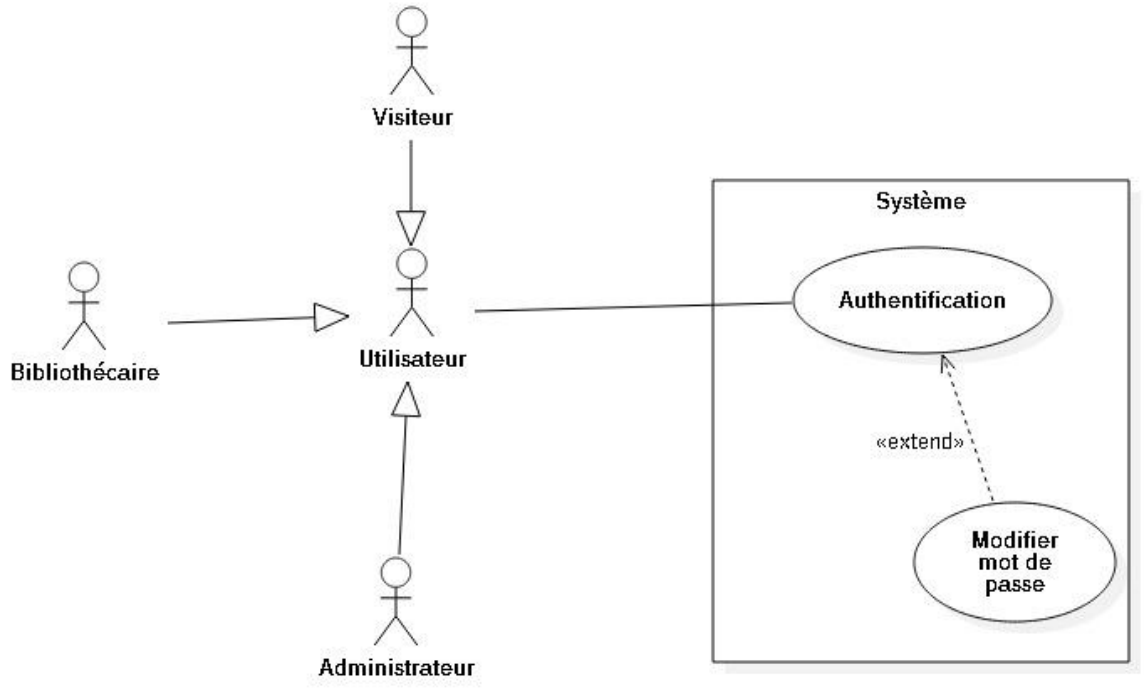


Figure 8: Raffinement cas utilisation Authentification

D’une façon générale, ce diagramme se représente sur la figure 9

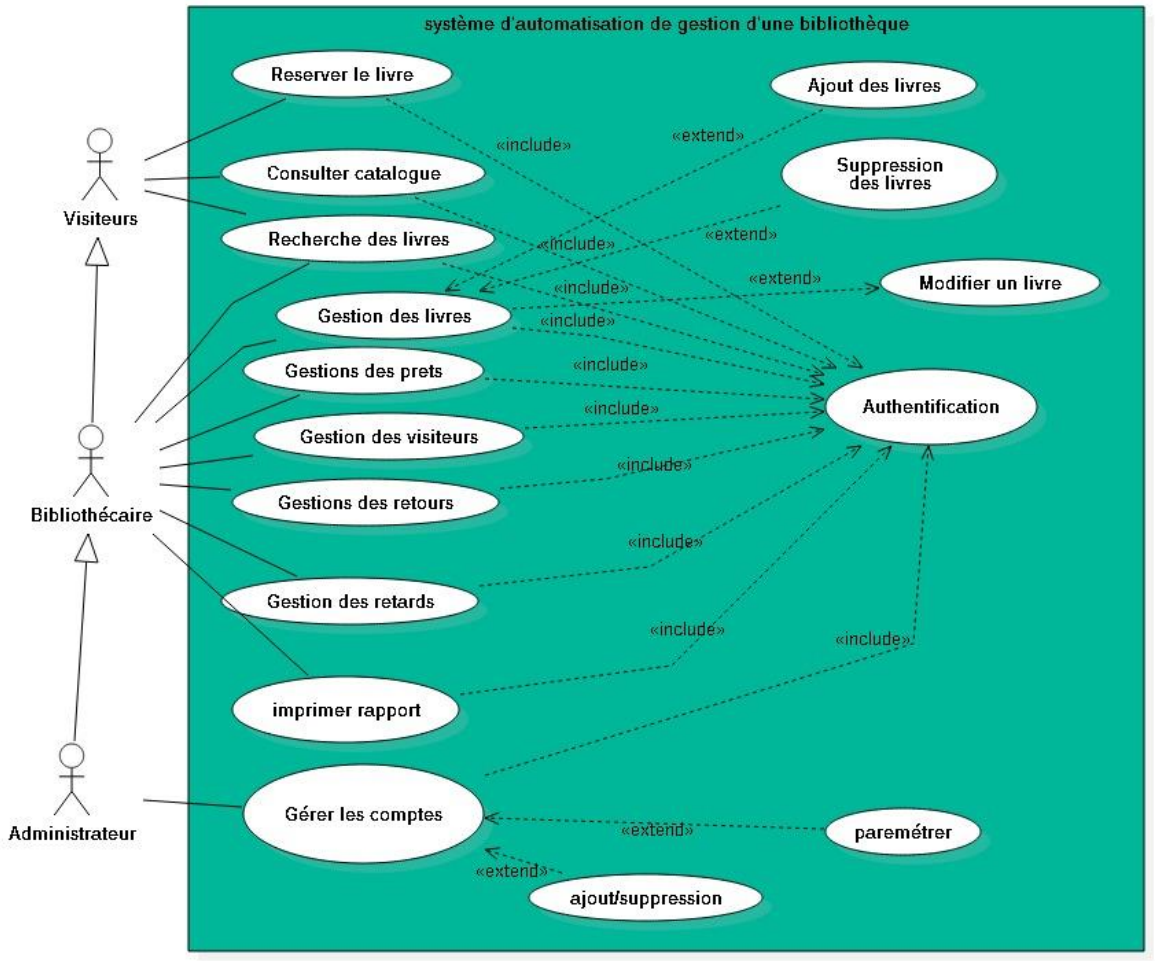


Figure 9: Diagramme de cas d'utilisation global

Description de quelques cas d'utilisation

Les cas d'utilisation permettent d'exprimer le besoin des utilisateurs d'un système, ils sont donc une vision orientée utilisateur. Les tableaux suivants montrent les cas d'utilisation pour qu'un utilisateur puisse s'authentifier, rechercher un livre, gérer les prêts, gérer les retours, gérer les livres enfin gérer les visiteurs

Tableau 3 : Cas d'utilisation « Authentification »

SOMMAIRE D`IDENTIFICATION'e	
Titre :	**Authentification**
Acteurs :	Visiteur, Bibliothécaire et Administrateur
Objectif :	Ce cas d'utilisation permet aux utilisateurs de se connecter au serveur afin d'entrer dans le système

Description du scénario nominal	
1) Visiteur/Bibliothécaire / Administrateur ouvre le formulaire de connexion	
2) Visiteur/ Bibliothécaire / Administrateur saisit le nom d'utilisateur et le mot de pass et appui sur le bouton de connexion et, est reconnu par le serveur qui lui donne accès au système	
Description du scénario alternatif	
1)Visiteur/Bibliothécaire / Administrateur n'a pas rempli le formulaire de connexion ou a entré les valeurs non reconnues par le serveur • Le système réaffiche le formulaire et indique les erreurs détectées • Visiteur/bibliothécaire/administrateur corrige les erreurs • Le cas d'utilisation reprend à l'action 1) du scenario nominal et affiche le formulaire de connexion	

Tableau 4 : Cas d'utilisation « Rechercher le livre »

SOMMAIRE D`IDENTIFICATION	
Titre :	Rechercher le livre
Acteurs :	Visiteur, Bibliothécaire
Objectif :	Ce cas d'utilisation permet de faire une recherche sur le livre, selon un critère donné, existant dans la bibliothèque
Description du scénario nominal	
Action des acteurs	**Réaction du système**
1)L'utilisateur se connecte au système	2)le système affiche le menu principal
3)l'utilisateur choisit rechercher le livre	5)le système affiche le formulaire relatif à la recherche du livre

4)l'utilisateur valide son choix	8)le système vérifie que tous les champs obligatoires sont remplis
6)l'utilisateur remplit le formulaire relatif à la recherche du livre	9)le système affiche les résultats de la recherche
7)l'utilisateur valide le formulaire	
Description du scénario alternatif	
1)l'utilisateur n'a pas rempli les champs obligatoires donc sont vides	2)le système refuse la recherche
	3)le système indique à l'utilisateur qu'il y a un champ obligatoire vide
	4)le système indique à l'utilisateur que la recherche est impossible
	5)le cas d'utilisation se termine avec échec et reprend l'action 5) du scénario nominal et affiche le formulaire de recherche du livre

Tableau 5 : Cas d'utilisation « Gérer les prêts »

SOMMAIRE D`IDENTIFICATION	
Titre :	Gérer les prêts
Acteurs :	Visiteur, Bibliothécaire
Objectif :	Ce cas d'utilisation permet de gérer les prêts des livres aux visiteurs pour les livres qui sont disponibles et existant dans la bibliothèque aussi bien pour un visiteur qui est reconnu par le système
Description du scénario nominal	
Action des acteurs	**Réaction du système**

1)le visiteur se présente au guichet et demande un livre	3)le système affiche le menu principal
2)le bibliothécaire se connecte au système	4)le système demande le bibliothécaire de s'authentifier
5)le bibliothécaire s'authentifie	7)le système vérifie la validation des informations
6)le bibliothécaire valide ses informations	9)le système affiche le formulaire relatif à la demande de prêt
8)le bibliothécaire choisit Emprunt livre	12)le système vérifie la validité des informations et que tous les champs obligatoires sont remplis
10)le bibliothécaire saisit les informations relatives à la demande d'emprunt	13)le système affiche à la bibliothécaire toutes les informations relatives à ce prêt
11)le bibliothécaire valide les informations	16)le système informe au bibliothécaire que le prêt a été enregistré et l'état du livre a été mis à jour
14)le bibliothécaire demande d'enregistrer le prêt et de mettre à jour l'état du livre	
15)le bibliothécaire valide	
Description du scénario alternatif	
Alternatif 1 : Echec de l'authentification	
Action des acteurs	**Réaction système**
1)le bibliothécaire s'est mal authentifié	2)le système informe au bibliothécaire que l'authentification est échouée et lui demande de s'authentifier. Le scenario nominal 4) reprend

Alternatif 2 : champs obligatoires vide	
Actions des acteurs	**Réaction système**
1)Le bibliothécaire n'a pas rempli tous les champs obligatoires	2)le système indique au bibliothécaire qu'il y a des champs obligatoires non remplis et le scenario Nominal 9) reprend
Alternatif 3 : le visiteur n'est pas inscrit	
Action des acteurs	**Réaction système**
1)le saisit les informations du visiteur	2)le système indique au bibliothécaire que le visiteur n'existe pas
	Et le cas d'utilisation se termine avec échec

Tableau 6 : Cas d'utilisation « Gestion des livres »

SOMMAIRE D`IDENTIFICATION	
Titre :	Gestion des livres
Acteurs :	Bibliothécaire
Objectif :	Ce cas d'utilisation permet au bibliothécaire de gérer les livres (ajout, suppression ou modification)
Description du scénario nominal	
Action des acteurs	**Réaction système**
1)le bibliothécaire se connecte au système	2)le système affiche le menu principal
4)le bibliothécaire s'authentifie et valide	3)le système demande au bibliothécaire de s'authentifier
7)le bibliothécaire choisit la gestion	5)le système vérifie la validité des

des livres	informations
9)le bibliothécaire remplit le formulaire et valide	6)le système affiche l'interface personnelle
12)le bibliothécaire se déconnecte	8)le système affiche le formulaire relatif
	10)le système vérifie que tous champs obligatoires sont remplis
	11)le système affiche que l'opération a été effectuée
Description du scénario alternatif	
Alternatif 1 : Echec authentification	
Action des acteurs	Réaction système
1)Le bibliothécaire s'est mal authentifié	2)le système indique au bibliothécaire l'échec de l'authentification et lui demande de s'authentifier Le scenario Nominal 3) reprend
Alternatif 2 : champs obligatoires sont vides	
Action des acteurs	**Réaction système**
1)Le bibliothécaire n'a pas rempli tous les champs obligatoires	2)le système indique au bibliothécaire qu'il y a un champ obligatoire vide Le scenario nominal 8) reprend

Tableau 7 : Cas d'utilisation « Gestion de retours »

SOMMAIRE D`IDENTIFICATION

Titre :	Gestion de retours
Acteurs :	Visiteur, Bibliothécaire
Objectif :	Ce cas d'utilisation permet au bibliothécaire de gérer le retour des livres emprunter par les visiteurs
Description du scénario nominal	
Action des acteurs	**Réaction système**
1) Le visiteur se présente au guichet et rend le document	3) Le système affiche le menu principal
2) Le bibliothécaire se connecte au système	4) Le système demande au Bibliothécaire de s'authentifier
5) Le bibliothécaire s'authentifie et valide	6) Le système vérifie la validité des informations
8) Le bibliothécaire choisit retour d'un livre	7) le système affiche l'interface personnelle
10) Le bibliothécaire remplie les tous les champs obligatoires du formulaire et valide	9) le système affiche le formulaire de relatif
13) Le bibliothécaire demande au système de supprimer l'emprunt et d'actualiser l'état du livre et valide	11) Le système vérifie que tous les champs obligatoires sont remplis
15) Le bibliothécaire se déconnecte	12) Le système affiche au Bibliothécaire toutes les informations relatives à cet emprunt
	14) Le système informe au bibliothécaire que l'emprunt a été supprimé et l'état du livre est actualisé

Description du scénario alternatif	
Alternatif 1 : Echec authentification	
Action des acteurs	**Réaction système**
1)le bibliothécaire s'est mal authentifié	2) Le système demande au bibliothécaire de s'authentifier en lui informant l'échec de l'authentification Le Scénario Nominal 4) reprend
Alternatif 2 : les champs obligatoires sont vides	
Action des acteurs	**Réaction système**
1)le bibliothécaire n'a pas rempli tous les champs obligatoires	2) Le système informe au bibliothécaire qu'il y a un champ obligatoire vide. Le Scénario Nominal 9) reprend
Alternatif 3 : Les données sont invalides	
Action des acteurs	**Réaction système**
1)le bibliothécaire a entré les données qui ne sont pas conformes aux ceux qui sont dans la base de données.	2) Le système informe au bibliothécaire que les données sont invalides. Le Scénario Nominal 9) reprend

Tableau 8 : Cas d'utilisation « Gestion des visiteurs »

SOMMAIRE D`IDENTIFICATION	
Titre :	Gestion des visiteurs
Acteur :	Bibliothécaire

Objectif :	Ce cas d'utilisation permet au bibliothécaire de gérer les visiteurs (ajout ou suppression d'un visiteur)
Description du scénario nominal	
Action des acteurs	**Réaction système**
1) Le bibliothécaire se connecte au système	2) Le système affiche le menu principal
4) Le bibliothécaire s'authentifie et valide	3) Le système demande au bibliothécaire de s'authentifier
6)le bibliothécaire choisit gestion des visiteurs	5) Le système vérifie la validité des informations et affiche l'interface personnelle
8)le bibliothécaire remplit tous les champs du formulaire et valide	7)Les système affiche le formulaire relatif
	8)le système vérifie que tous les champs sont remplis
10)le bibliothécaire se déconnecte	9) Le système affiche que l'opération (ajout, modification, suppression) a été effectuée avec succès.
Description du scénario alternatif	
Alternatif 1 : échec authentification	
Action des acteurs	Réaction système
1)le bibliothécaire s'est mal authentifié	2) Le système indique au bibliothécaire l'échec de l'authentification et lui demande de s'authentifier. Le scénario nominal 3) reprend

Alternatif 2 : Les champs obligatoires sont vides	
1)le bibliothécaire n'a pas rempli tous le champs obligatoires	2) le système indique au bibliothécaire qu'il y a un champ obligatoire non rempli Le scénario nominal 7) reprend

Tableau 9 : Cas d'utilisation « Gestion des utilisateurs »

SOMMAIRE D`IDENTIFICATION	
Titre :	Gestion des utilisateurs
Acteur :	Administrateur du système
Objectif :	Ce cas d'utilisation permet à l'administrateur de gérer les comptes des utilisateurs
Description du scénario nominal	
Action des acteurs	**Réaction système**
1)l'administrateur se connecte au système par son login et mot de pass	**2)le système vérifie les entrés et affiche le menu**
3)l'administrateur crée les comptes des utilisateurs	
Description du scénario alternatif	
Erreur peut être détecté dans la saisie • Le système réaffiche le formulaire et indique les erreurs détectées • L'Administrateur corrige les erreurs • Le cas d'utilisation reprend à l'action 1 du scenario nominal	

III.5.2. Diagramme de Classe de notre application

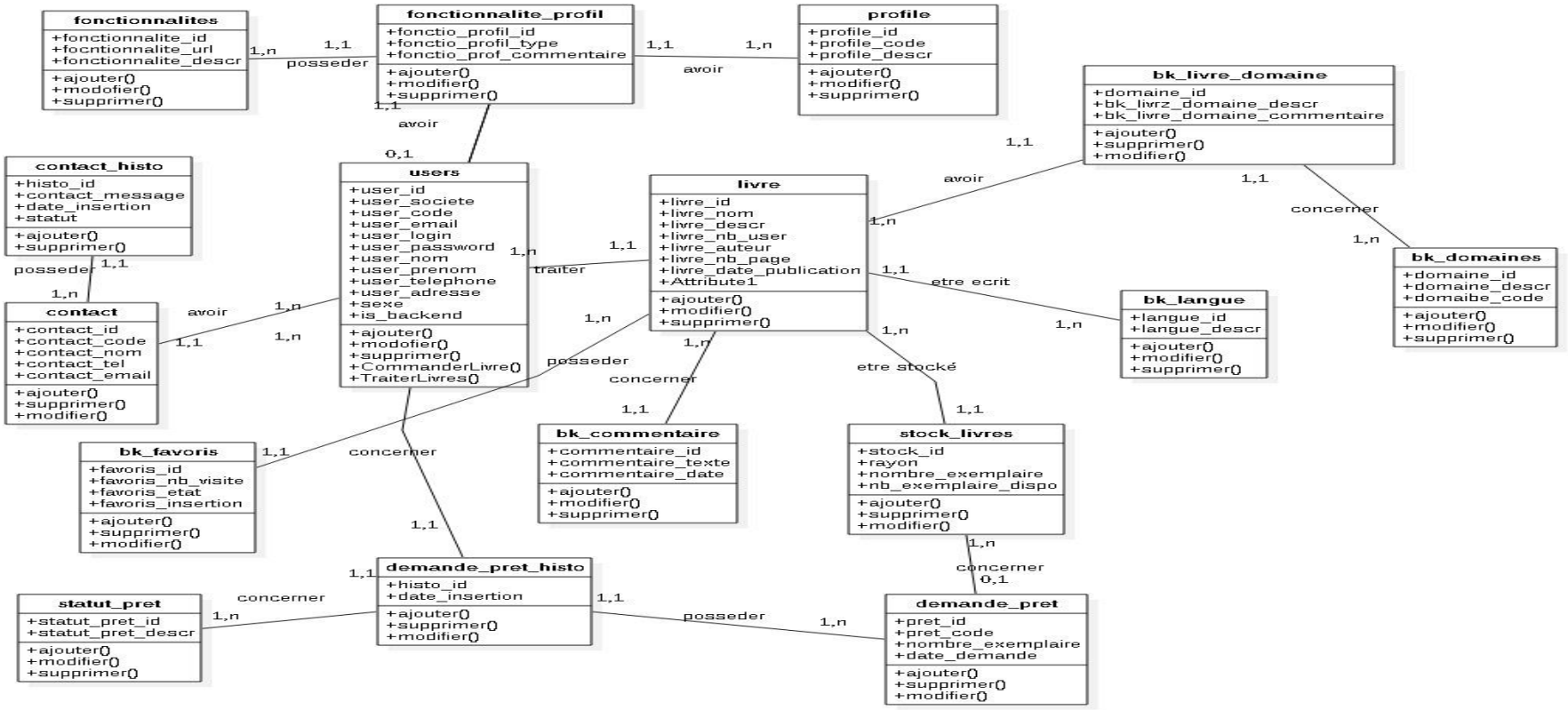


Figure 10 : Diagramme de classe

III.5.3. Diagramme de séquence pour quelques cas d'utilisation

Permet de décrire les scénarios de chaque cas d'utilisation en mettant l'accent sur la chronologie des opérations en interaction avec les objets.

Pour s'authentifier, la figure suivante montre les différents scénarios

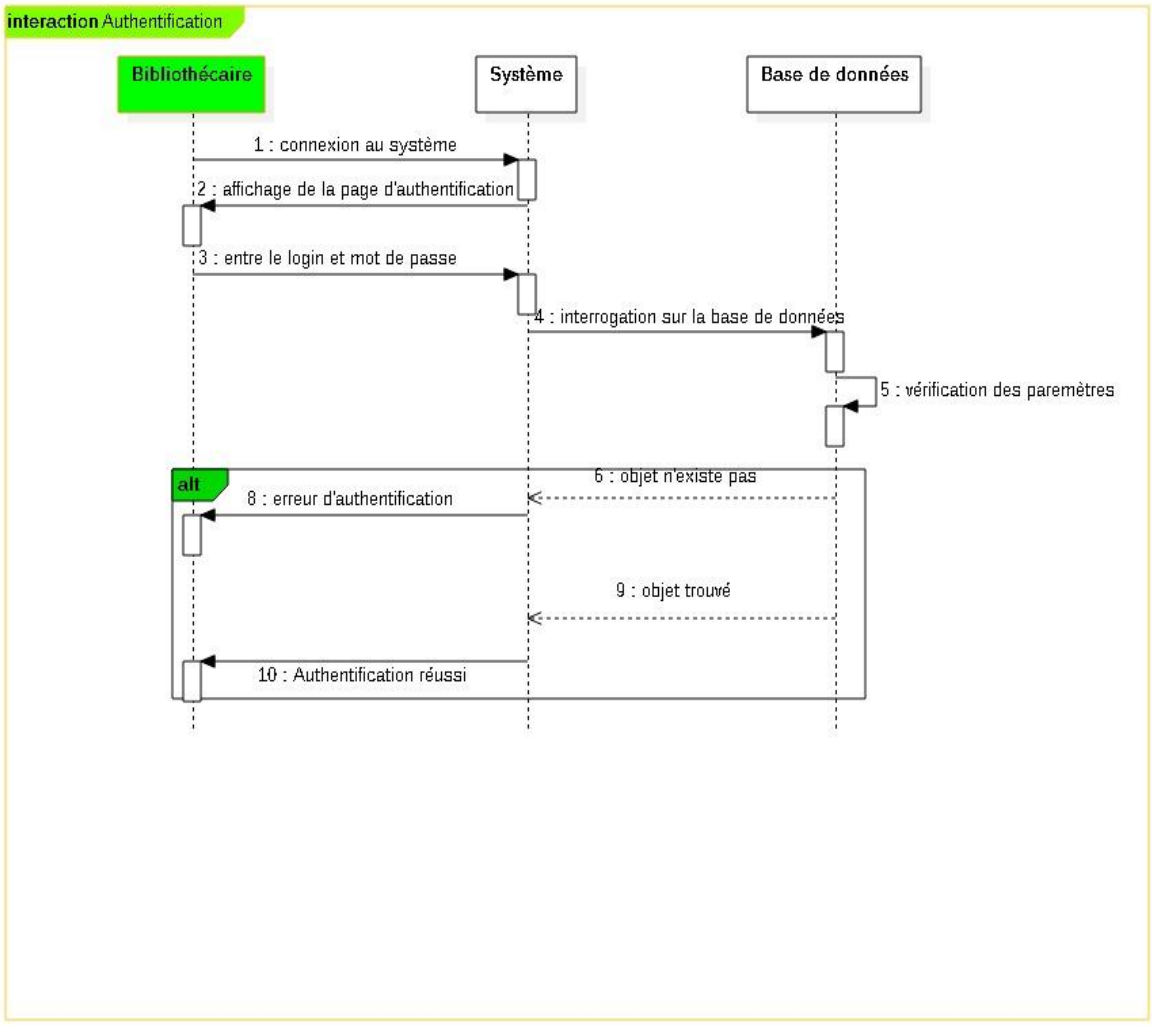


Figure 11 : Diagramme de séquence « Authentification »

Lorsqu'un utilisateur demande l'accès au système, celui-ci doit d'abord fournir les paramètres d'accès et celle-ci fait la vérification des paramètres en les cherchant au serveur de la base de données. Si les paramètres sont corrects, l'utilisateur accède au menu du système, au cas contraire, le système lui fournit un message d'erreur

Pour rechercher le livre dans le système, la figure suivante montre la séquence des actions qu'un bibliothécaire ou visiteur fasse :

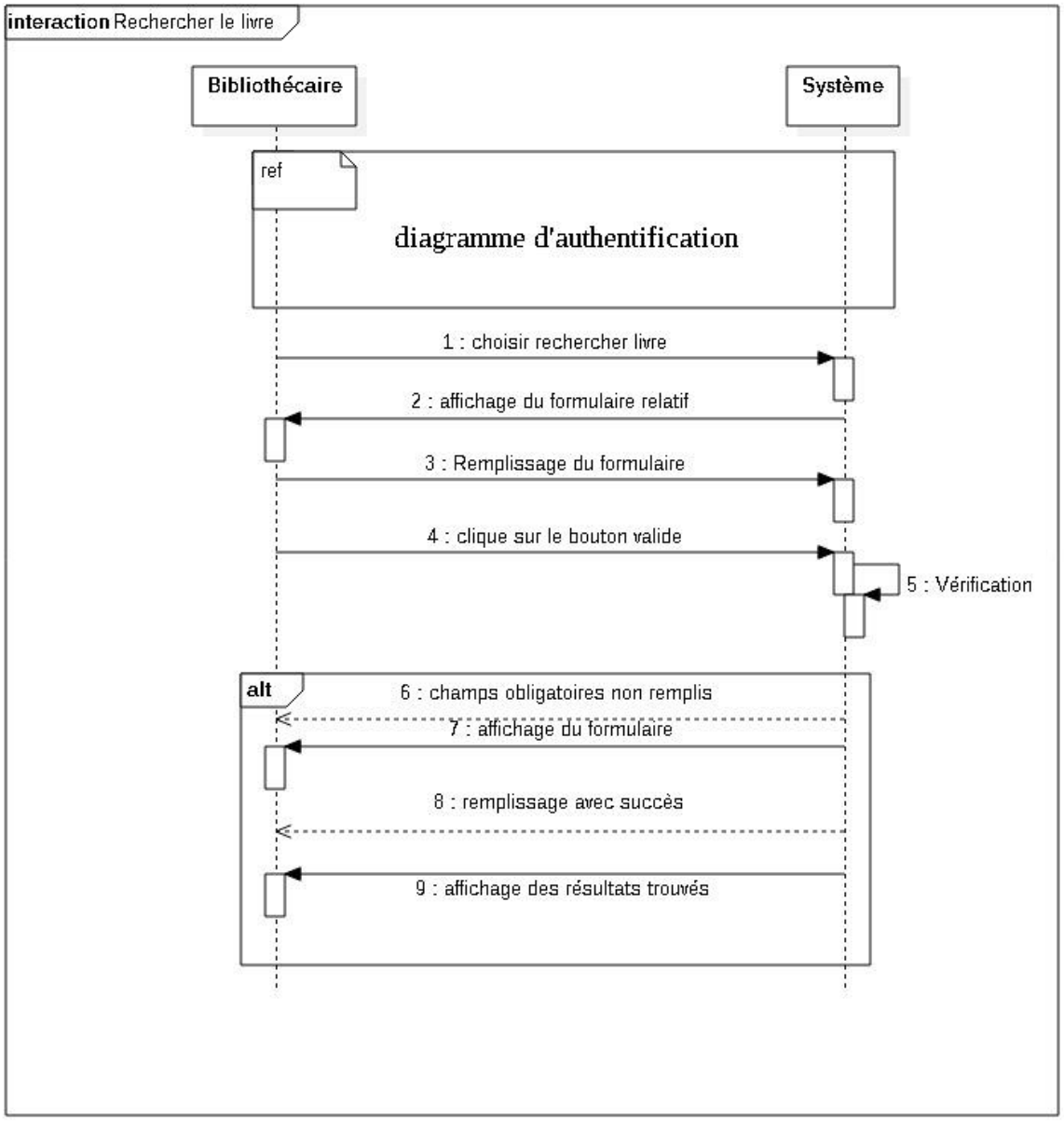


Figure 12 : Diagramme de séquence « Rechercher les livres »

III.5.4. Diagramme d'états transition

L'état transition pour que l'utilisateur puisse s'authentifier se résume sur la figure 13 :

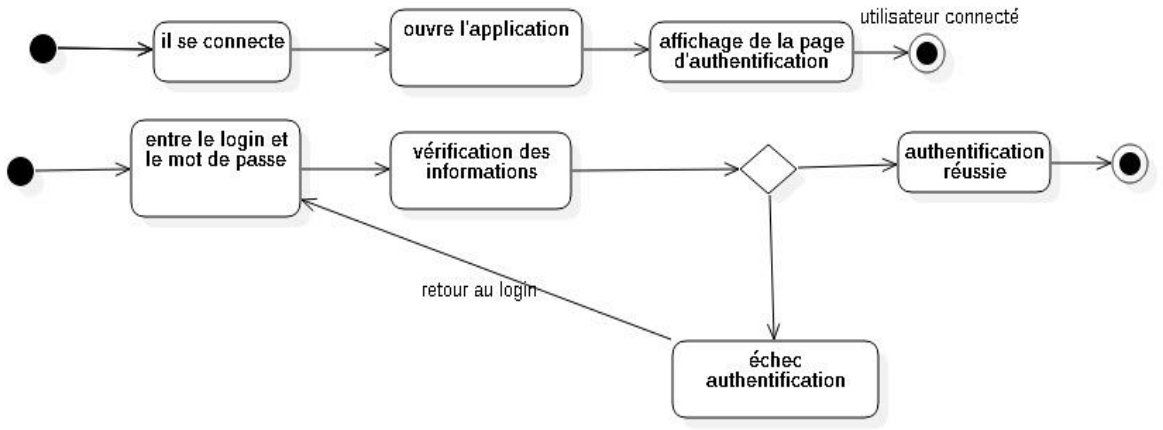


Figure 13 : Diagramme d'états transition « Authentification »

Le diagramme de l'état transition pour rechercher le livre se représente sur la figure 14 :

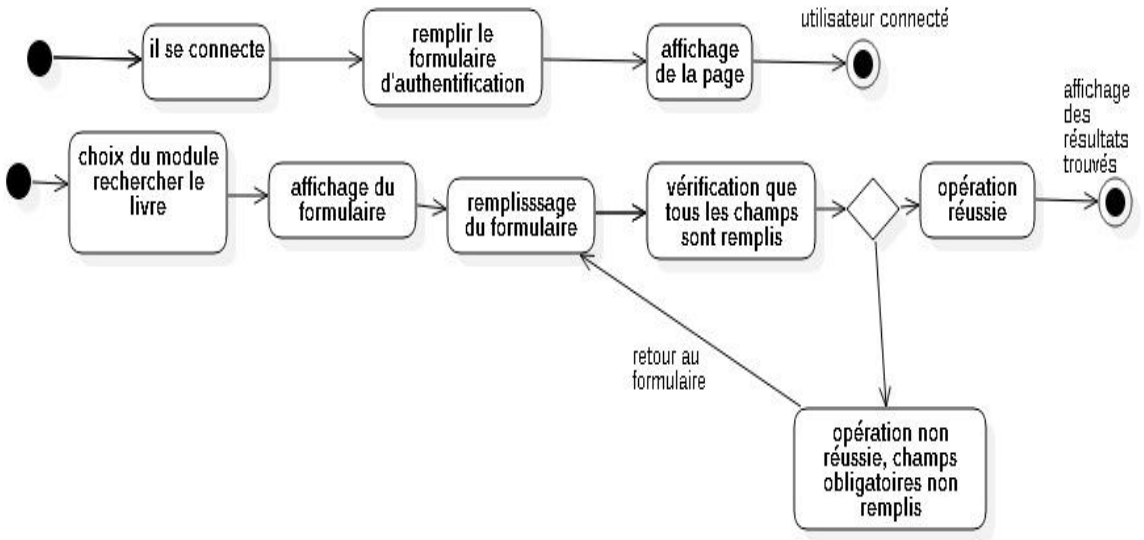


Figure 14: Diagramme d'états transition « Rechercher le livre »

III.5.5. Diagramme d'activité

Il permet d'indiquer les différents scénarios et décrit les flux des activités du cas d'utilisation. Les diagrammes d'activité pour s'authentifier et pour la recherche du livre se représentent respectivement selon les figures suivantes :

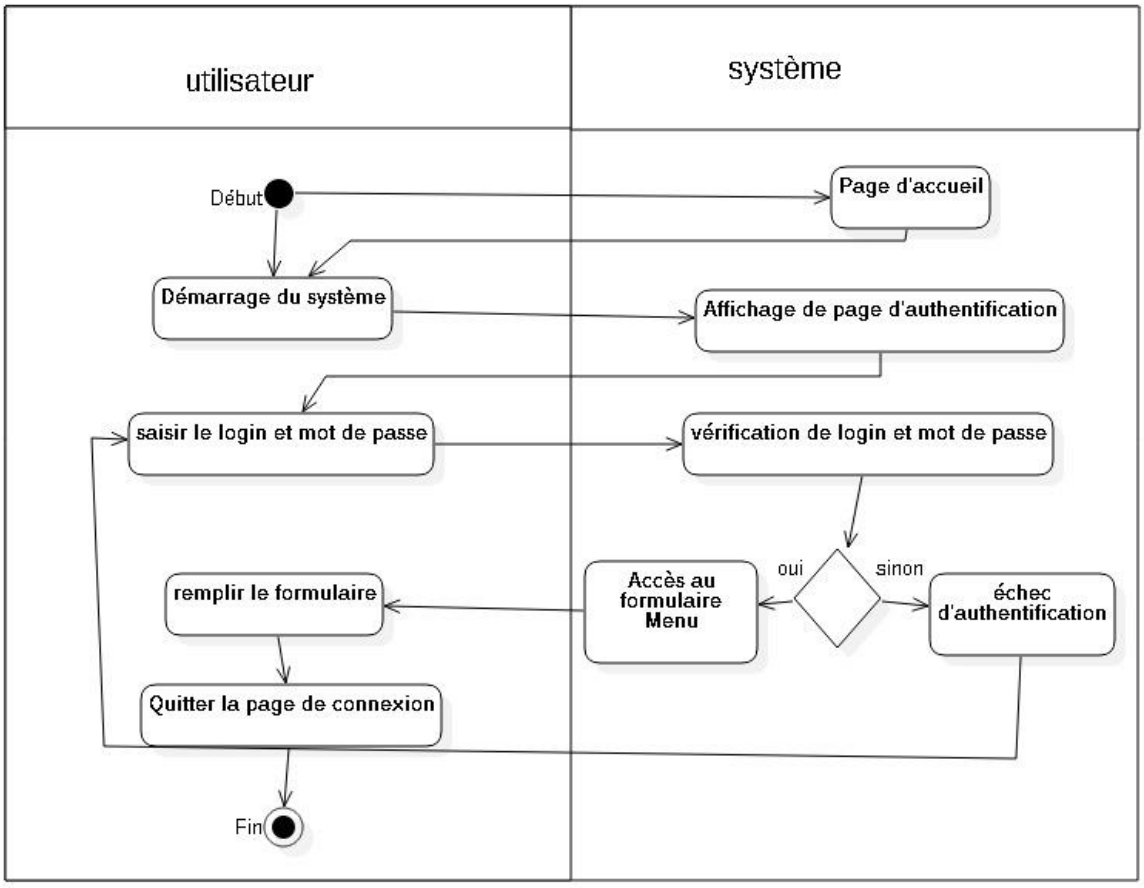


Figure 15 : Diagramme d'activité « Authentification »

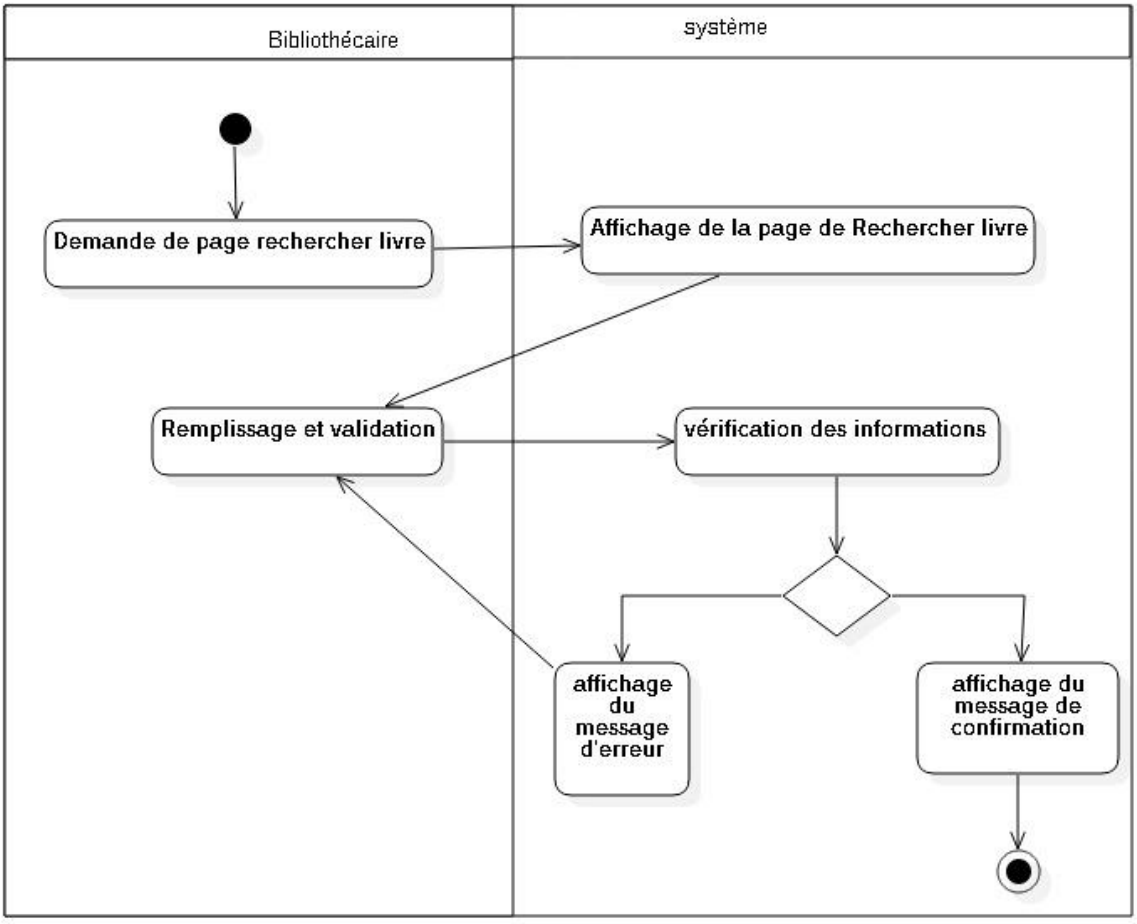


Figure 16 : Diagramme d'activité « Rechercher le livre »

Ce diagramme montre la suite des étapes de recherche d'un livre pour un bibliothécaire. Il indique le chemin suivi par un bibliothécaire au niveau du système de contrôle.

III.5.6. Diagramme de déploiement

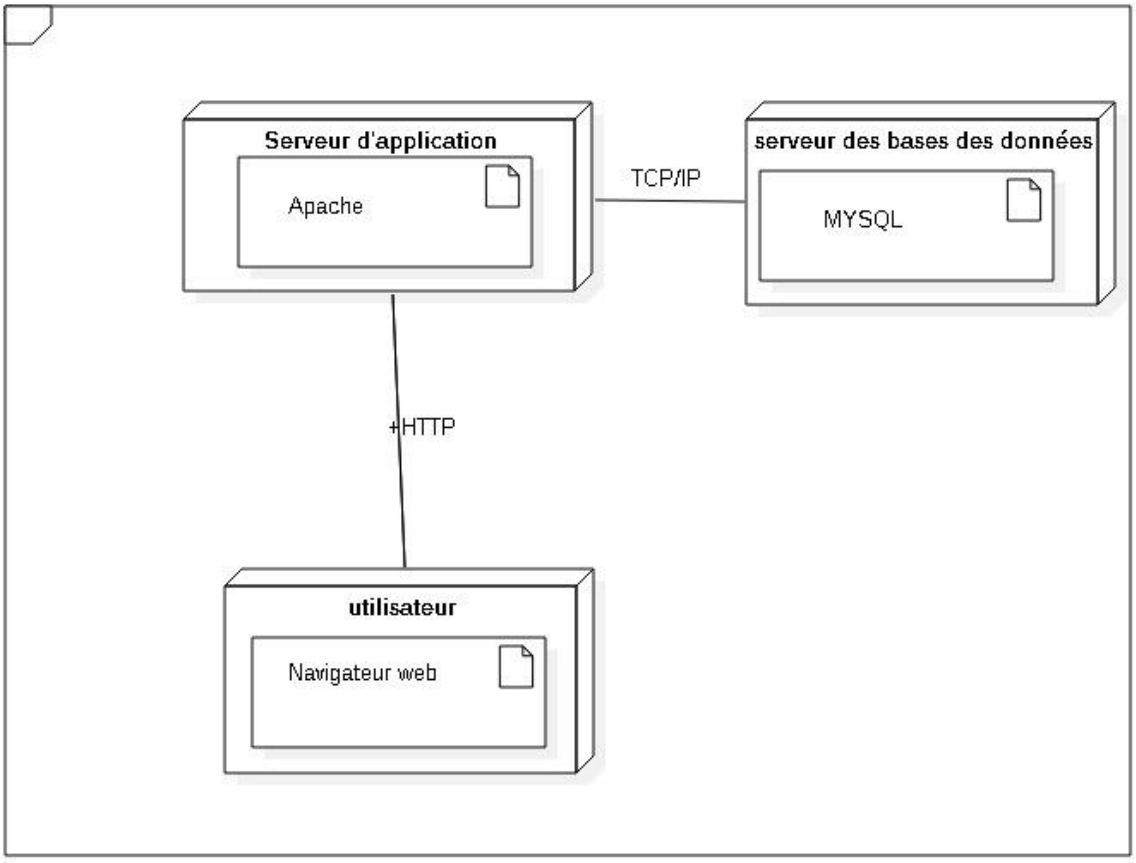


Figure 17 : Diagramme de déploiement

III.6. Modélisation du système dynamique par le Réseau de Pétri

III.6.1. Introduction

Un réseau de Petri (aussi connu comme un réseau de Place/Transition ou réseau de P/T) est un modèle servant à représenter divers systèmes (informatiques, industriels…) travaillant sur des variables discrètes . 3

Les réseaux de Pétri présentent des caractéristiques intéressantes telles que la modélisation et la visualisation de comportements parallèles, de la synchronisation et partage de ressources [2].

C'est un outil de modélisation utilisé généralement en phase préliminaire de conception de système pour leur spécification fonctionnelle, modélisation et évaluation.

Les principaux utilisateurs de ces réseaux sont les informaticiens et les automaticiens. Cependant c'est un outil assez général pour modéliser des phénomènes très variés. Il permet notamment :

1) La modélisation des systèmes informatiques,
2) L'évaluation des performances des systèmes discrets, des interfaces homme-machine,
3) La commande des ateliers de fabrication,
4) La conception de systèmes temps réel
5) La modélisation des protocoles de communication,
6) La modélisation des chaines de production (de fabrication)

Les atouts des RdP :

1) Ils permettent de décrire de manière précise mais non formelle la structure d'un système,
2) Ils offrent un support graphique de conception,
3) Ils permettent de décrire un système étape par étape, en décomposant en éléments plus simples les éléments constitutifs initiaux du système,
4) Ils permettent de décrire à l'aide d'un même support de base, à la fois la structure et la dynamique d'un système,
5) Ils permettent de passer d'une description graphique d'un système à une description formelle permettant l'analyse mathématique du système (cohérence).

III.6.2. Historique

1) Les RdPs sont apparus en 1962 dans **la thèse de Carl Adam Petri** afin de modéliser la composition et la communication entre les automates ;
2) Leurs améliorations ont porté sur tous les différents aspects et concepts liés à la modélisation des comportements parallèles et distribués, et en particulier, de leurs aspects **temporels, stochastiques et hybrides** ;
3) Le premier modèle, appelé **Réseau de Petri conditions-évènements**, reposait sur l'utilisations des valeurs booliennes (vrai ou faux) ;
4) Ce modelé a été généralisé par le **Réseau de Petri Place-Transition**, qui manipule les nombres entiers. [3]

III.6.3. Notions sur les Réseaux de Pétri

Définition

Un Réseau de Petri (RdP) est une structure graphique comportant un ensemble de places et de transitions, reliées par des arcs orientés, éventuellement porteurs de poids. Ces arcs sont des liens entre place et transition ou entre transition et place exclusivement. Dans cette structure se déplacent des jetons (ou marques) qui apparaissent dans les places et sont susceptibles de franchir les transitions selon certains critères de franchissement. [4]

Définition formelle

Un réseau de Petri (R) est un quadruplet (P; T; Pré; Post) où :

$P = Pi$, $i \in \{1, \dots, n\}$ qui est un ensemble fini de places définissant une condition, un lieu ou statut représenté par un cercle

Place : 

T = {Tj}, j ∈ {1,...,m}: un ensemble fini de transitions, définissant un évènement, une fonction ou action représenté par des traits noirs

Transition : 

Pré : $P \times T \rightarrow$ IN : Une application d'incidence avant (une matrice) : les places entrant dans une transition.

Post : $P \times T \rightarrow$ IN : Une application d'incidence arrière (une matrice) : les places sortant d'une transition.

$Pré(Pi, Tj$)est appelé poids de l'arc reliant Pi et Tj.

$Post(Pi, Tj$)est appelé poids de l'arc reliant Tj et Pi.

3) Mais aussi le RdP comporte

Un ensemble fini d'arcs orientés et unidirectionnels définissant la liaison, réalisation ou déplacement représenté par une flèche. 3

Liaison : 

Un ensemble fini de jetons ou marques(objets/personnes) contenant dans une place définissant l'état d'une place et représenté par des points noirs

Un arc relie soit une place à une transition, soit une transition a une place **jamais** une place à une place ou une transition ` a une transition. Tout arc doit avoir à son extrémité un sommet (place ou transition). Un exemple de Réseaux de Petri est représenté sur la Figure ci-dessous. A chaque place et transition, un nom peut être associé : par exemple sur le RdP de la Figure 2.2, les places sont nommées P1, P2, P3 et P4 et les transitions T1, T2 et T3. T1 est reliée à P1 par un arc orienté de ´T1 vers P1 : on dit que P1 est en sortie ou en aval de T1. P1 est reliée à T2 par un arc orienté de P1 vers T2 : on dit que T2 est en sortie de P1. De même, on peut dire que P1 est en entrée ou en amont de T2. La place P3 est en entrée ´ de T1. [5].

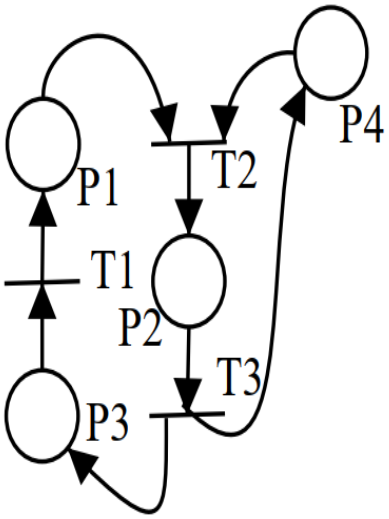


Figure 18 : Exemple d'un réseau de Petri

Cas particuliers

Transition source pas de place en entrée de la transition



Transition puits pas de place en sortie de la transition



Une place correspond à une variable d'état du système qui va être modélisé et une transition à un évènement et/ou une action qui va entrainer l'évolution des variables d'état du système. A un instant donne´, une place contient un certain nombre de marques ou jetons qui va évoluer en fonction du temps : il indique la valeur de la variable d'état à cet instant. Quand un arc relie une place à une transition, cela indique que la valeur de la variable d'état associée à la place `influence l'occurrence de l'évènement associe´ a la transition. Quand un arc relie une transition `a une place, cela veut dire que l'occurrence de l'évènement associé à la transition influence la valeur de la variable d'état associée à la place.

III.6.4. Marquage d'un réseau de Petri

On appelle **marquage** *M* d'un Réseau de Petri le vecteur du nombre de marques dans chaque place : la $i^{ième}$ composante correspond au nombre de marques dans la $i^{ième}$ place. Il indique à un instant donne l'état du RdP.

On appelle **marquage initial**, noté M_0, le marquage à l'instant initial (t = 0).

On peut maintenant donner une définition plus formelle des RdPs.

On appelle **Réseau de Petri non marqué** le quadruplet Q =< P; T; I; O > ou`

P est un ensemble fini non vide de places ;
T est un ensemble fini non vide de transitions ;
$P \cap T = \Phi$;
$I(T_i)$ est l'ensemble des places qui sont en entrée de la transition i ; ´
$O(T_i)$ est l'ensemble des places qui sont en sortie de la transition i

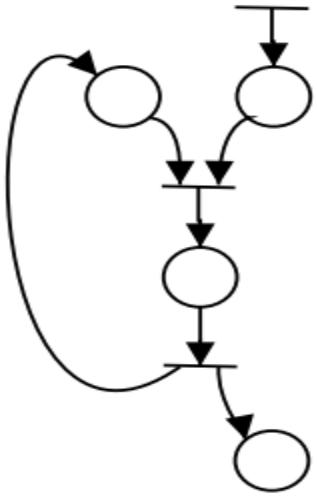


Figure 19 : Exemple réseau de Petri non marqué

On appelle **Réseau de Petri marqué** R = < Q ; M0 > où

M_0 est le marquage initial.

Q définit la **structure** du RdP. Le marquage à un instant donné définit la valeur des variables d'état du RdP à un instant donné.

$$M_0 = \begin{pmatrix} 0 \\ 3 \\ 1 \\ 2 \end{pmatrix}$$

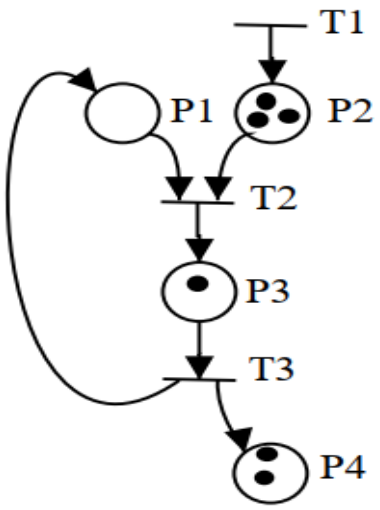


Figure 20 : Exemple Réseau de Petri marqué

Dans l'exemple de la figure 21, on a :

P = {P1, P2, P3, P4}

T = {T1, T2, T3}

I(T1) = {}, I(T2) = {P1, P2}, I(T3) = {P3}

O(T1) = {P2}, O(T2) = {P3}, O(T3) = {P1, P4},

III.6.5. Evolution d'un RdP

L'évolution d'un RdP correspond à l'évolution de son marquage au cours du temps (évolution de l'état du système) : il se traduit par un déplacement de marques ce qui s'interprète comme la consommation/production de ressources déclenchée par des évènements ou des actions. Déterminer l'évolution d'un RdP correspond en fait à le simuler, terme plus généralement utilise en modélisation.

Transition validée : Une transition est dite validée si toutes les places en amont (c'est-à-dire en entrée) de celle-ci possèdent au moins une marque. Une transition source est par définition toujours validée.

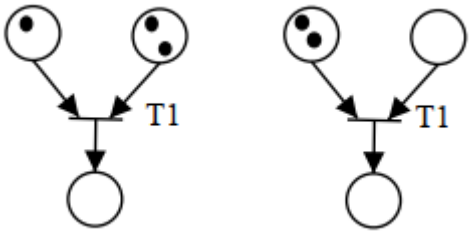


Figure 21 : Transition validée(gauche), transition non validée(droite)

Franchissement ou tir : Si la transition est validée, on peut effectuer le franchissement de cette transition : on dit alors que la transition est **franchissable.**

Le franchissement consiste à :

1. Retirer une marque dans chacune des places en entrée de la transition

2. Ajouter une marque à chacune des places en sortie.

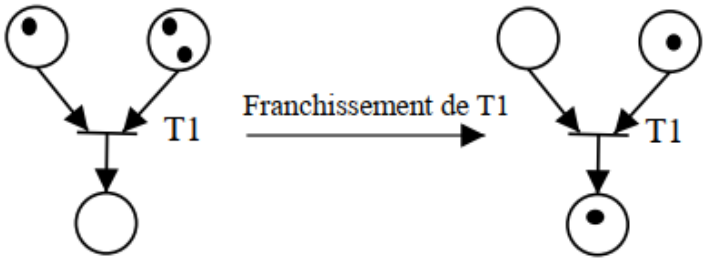


Figure 22: RdPs avant franchissement de T1(gauche) et après franchissement de T1(droite)

Ainsi, la condition qu'une transition t doit vérifier pour qu'elle soit franchissable est :

$$M(p) > Pré(p);\ \forall\ p\ \in\ ot \qquad (1)$$

Avec ^{o}t ensemble des places d'entrée de la transition $t\ \in T$

Le franchissement de cette transition provoque alors le passage à un nouveau marquage M'qui est calculé par l'expression suivante :

$$M'(p) = M(p) - Pré(p,t) + Post(p,t), \forall\ p \in P \qquad (2)$$

Séquence de franchissement : Une séquence de franchissement «S» est une suite de transition (t1, t2,….. tn) qui permet, à partir d'un marquage «M» de passer au marquage «M'» par le franchissement successif des transitions définissant la séquence.

4) Notation des séquences de franchissement

Tableau 10: Notation des séquences de franchissement

Franchissement de la transition $\mathbf{T_1}$ ou de la transition $\mathbf{T_2}$	$T_1+T_2 = T_2+T_1$
Franchissement de la transition $\mathbf{T_1}$ puis de la transition $\mathbf{T_2}$	$T_1T_2 \neq T_2T_1$
Franchissement de la transition $\mathbf{T_1}$ puis de la transition $\mathbf{T_1}$	$T_1^2 = T_1T_1$
séquence de longueur 2	T_1T_2
séquence de longueur nulle	α
répétition du franchissement de T_1 un nombre quelconque de fois	$T_1^* = (\alpha + T_1 + T_1^2 + \cdots)$

Les séquences de franchissement sont décrites à l'aide des notations présentées dans le tableau 10.

Par exemple, le franchissement de la transition T_1 suivi du franchissement de la transition T_2 ou du franchissement de la transition T_3 se note :

$$T_1(T_2 + T_3) = T_1T_2 + T_1T_3 \; ; \qquad (3)$$

Le franchissement de la transition T_1 suivi du franchissement de la transition T_3 ou le franchissement de la transition T_2 suivi du franchissement de la transition T_3 se note :

$$(T_1 + T_2)T_3 = T_1T_3 + T_2T_3 \qquad (4)$$

III.6.7. Matrice d'incidence d'un RdP

La matrice d'incidence d'un RdP est une application $W: P \times T \rightarrow Z$ dont les éléments sont définis par :

$$W(p,t) = Post(p,t) - Pré(p,t);\ \forall p \in P\ et\ \forall t \in T \qquad (5)$$

W(p,t) indique le changement apporté au marquage de la place p par le franchissement de la transition t. [6].

Pour l'exemple de la figure 23, les matrices Pré et Post sont les suivantes :

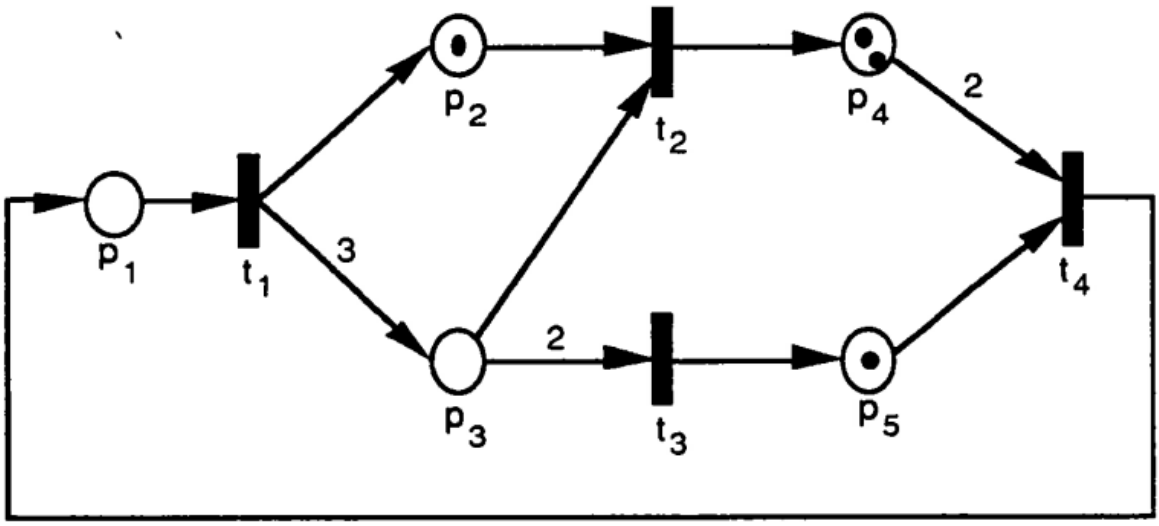


Figure 23 : Exemple de RdP marqué

PRE

	t_1	t_2	t_3	t_4
p_1	1	0	0	0
p_2	0	1	0	0
p_3	0	1	2	0
p_4	0	0	0	2
p_5	0	0	0	1

POST

	t_1	t_2	t_3	t_4
p_1	0	0	0	1
p_2	1	0	0	0
p_3	1	0	0	0
p_4	0	1	0	0
p_5	0	0	1	0

Et la matrice d'incidence W est :

	t_1	t_2	t_3	t_4
p_1	-1	0	0	1
p_2	1	-1	0	0
p_3	1	-1	-2	0
p_4	0	1	0	-2
p_5	0	0	1	-1

III.6.8. Equation fondamentale

Si on considère S_j une séquence de franchissement réalisable à partir d'un marquage M_0, l'équation fondamentale qui traduit la dynamique de fonctionnement du réseau de Petri est :

$$M_j = M_0 + W \times S_j \qquad (6)$$

Avec M_j un marquage atteignable $\forall\, j \in IN$;

M_0 : marquage initial ;

W : matrice d'incidence ;

S_j : séquence de franchissement $\forall\, j \in IN$

Ainsi, avec le franchissement de la séquence S = (t_4, t_1, t_2) le réseau de la figure ci-dessus atteindra le marquage :

$$M' = \begin{bmatrix} 0 \\ 1 \\ 0 \\ 2 \\ 1 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} -1 & 0 & 0 & 1 \\ 1 & -1 & 0 & 0 \\ 1 & -1 & -2 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & -2 \\ 0 & 0 & 1 & -1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 1 \\ 1 \\ 0 \\ 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 \\ 1 \\ 0 \\ 1 \\ 0 \end{bmatrix}$$

III.7. Propriétés des réseaux de Petri

III.7.1. Introduction

Du fait de la complexité de plus en plus forte des systèmes technologiques, il apparaît de plus en plus nécessaire de disposer de méthodes et d'outils de conception, de réalisation et/ou de commande qui soient particulièrement efficaces. Au centre de ces méthodes et de ces outils, se trouve en général la modélisation des processus.

La mise en place des feux de signalisation d'un carrefour ou la planification du processus de développement d'une pièce dans une usine demande la modélisation du problème afin de pouvoir le simuler, l'analyser et le vérifier. Ces vérifications peuvent mettre en évidence des disfonctionnements non visibles. Il existe plusieurs langages de modélisation et les outils qui les implémentent. Ces outils, selon les modèles qu'ils représentent, permettent de simuler et de vérifier certaines propriétés. Ceci permet de suivre le fonctionnement du système pour détecter les faiblesses. Pour cela ils peuvent vérifier entre autres :

1) L'activité : Vérifie si le fonctionnement d'une partie ou de tout le système évolue.
2) La répétitivité : Vérifie s'il y a des séquences qui se répètent dans le fonctionnement du système.

3) La bornitude : Caractérise la possibilité qu'une partie ou tout le système n'évolue plus, une fois qu'un état spécifique est atteint.
4) La vivacité : Vérifie qu'un état du système puisse être atteignable, quel que soit l'état dans lequel il se trouve.
5) La concurrence : Vérifie si le passage à un état entraîne la collaboration de deux ou plusieurs parties du système. [7]

Si l'on veut concevoir et modéliser un système à l'aide des réseaux de Petri, la première question qu'on se pose est : "Quelles propriétés doit posséder ce modèle ?". Dans cette section, nous nous intéressons des propriétés qualitatives au point de vue des systèmes d'automatisation en termes des réseaux de Petri. Les propriétés qualitatives des réseaux de Petri se répartissent en deux familles : les propriétés comportementales et les propriétés structurelles. Dans la suite, nous présentons les propriétés comportementales d'un RdP car l'étude des propriétés structurelles est très importante lorsque nous concevons un système dans lequel nous ne connaissons pas encore le nombre de ressources disponibles [8]

III.7.2. Propriétés comportementales

Les propriétés comportementales dépendent non seulement de la structure du réseau de Petri, mais aussi de son marquage initial. L'étude de ces propriétés est basée à la fois sur la matrice d'incidence et sur l'équation fondamentale.

1. Atteignabilité

L'atteignabilité est une propriété importante dans l'étude des propriétés dynamiques d'un réseau de Petri. Comme le franchissement de transitions modifie la distribution et le nombre de jetons dans le réseau, une série de franchissements de transitions conduit à une série de marquage. Un marquage M est dit atteignable à partir du marquage initial M_0 s'il existe une séquence de franchissements S qui transforme M_0 en M, i.e. $M_0[S>M$. L'ensemble des marquages atteignables pour le réseau marqué (N, Mo) est noté $R(M_o)$. L'ensemble des séquences de franchissements admissible est noté L(Mo).

2. Bornitude

Un réseau de Petri marqué (N, M_0) est dit **k-borné** ou simplement borné si le nombre de jetons dans chaque place ne dépasse pas un certain nombre entier fini k>0 quel que soit le marquage atteignable, i.e. $M(p) < k, \forall p \in P \; et \; \forall \; M \in R(M_0)$.

Un réseau de Petri est dit **sain** s'il est **1-borné**, i.e $M(p) \leq 1, \forall p \in P \; et \; \forall M \in R(M_0)$.

Exemple :

Si nous répétons infiniment la séquence de franchissement S = $\{t_l, t_2\}$ par la figure suivante, le nombre de jetons dans la place p3 sans limite

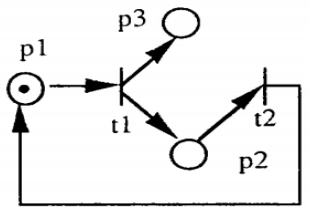


Figure 24 : Réseau de Petri non borné

3. Vivacité et sans blocage

Une transition t est dite **vivante** si, quel que soit $M \in R(M_0)$ il existe une séquence S franchissable à partir de M et qui contient t.

Un réseau de Petri <N, M_0> est **vivant** si et seulement si, pour tout marquage atteignable $M \in R(M_0)$, et pour toute transition t, il existe une séquence de franchissements admissibles qui, partant de M, permet de franchir t.

Un réseau de Petri <N, M_0> est **sans blocage** si, pour tout marquage atteignable $M \in R(M_0)$, il existe toujours au moins une transition franchissable.

Un réseau de Petri <N, M0> est **bloqué** si, pour un marquage atteignable $M \in R(M_0)$, il n'y a aucune transition franchissable.

Un réseau de Petri vivant est sans blocage, mais la réciproque n'est pas nécessairement vraie,

4. Réversibilité et états d'accueil

Un réseau de Petri marqué (N, Mo) est dit **réversible** si l'on peut toujours revenir au marquage M_0 à partir de tout marquage M atteignable à partir de M_0. Autrement dit un réseau de Petri est réversible si $M_0 \in R(M), \forall M \in R(M_0)$. ***[10]***

Un marquage M' est dit **état d'accueil** si à partir d'un marquage quelconque $M \in R(M_0)$, nous pouvons toujours atteindre M', i.e. $M' \in R(M), \forall M \in R(M_0)$.

Un réseau de Petri réversible a au moins un état d'accueil, mais la réciproque n'est pas toujours vraie, comme le montre l'exemple suivant.

Exemple :

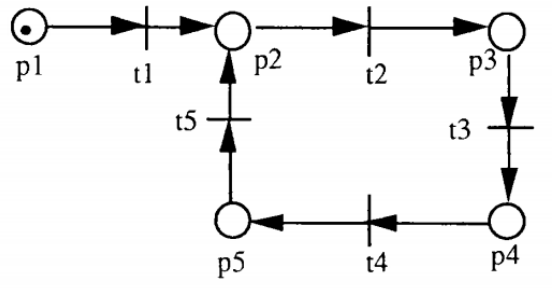


Figure 25 : Réseau de Petri non réversible

La figure 3.23 représente un réseau de Petri non réversible mais qui a des états d'accueil. En effet, après le franchissement de la transition t_l, le réseau ne peut plus jamais revenir au marquage initial M_0=(1,0,0, 0,0), donc il n'est pas réversible. Par contre, tous les marquages atteignables à partir de M_0 sont des états d'accueil.

III.7.3. Analyse des propriétés d'un réseau de Petri

Les réseaux de Petri peuvent modéliser des systèmes à événements discrets. Ces modèles doivent ensuite être analysé.

Les méthodes d'analyse des réseaux de Petri peuvent être classées en quatre catégories :

l) méthodes faisant intervenir l'algèbre linéaire ;

2) méthodes basées sur l'arbre des marquages atteignables ou sur l'arbre de recouvrement ;

3) techniques de réduction ;

4) méthodes utilisant les verrous et les trappes.

Dans notre projet, nous allons nous intéresser à l'analyse comportementale grâce aux méthodes faisant intervenir l'algèbre linéaire, aux méthodes basées sur l'arbre des marquages atteignables ainsi qu'à l'analyse structurelle par calcul des invariants de places et transitions.

1. Arbre(graphe) des marquages atteignables

Pour connaître le comportement d'un réseau, l'idée la plus simple serait de construire l'arbre des **marquages atteignables.** Dans l'arbre des marquages atteignables, chaque nœud correspond à un marquage atteignable, et l'arc reliant deux nœuds correspond au franchissement d'une transition qui conduit d'un marquage à l'autre. L'arbre des marquages atteignables est un moyen idéal pour vérifier les propriétés comme la vivacité et l'atteignabilité pour les réseaux bornés. On dénote deux situations :

1. Le graphe est fini. C'est la situation la plus favorable car dans ce cas toutes les propriétés peuvent être déduites simplement par inspection de celui-ci.

2. Le graphe est infini. Dans ce cas, et pour déduire certaines propriétés, on est amené à construire un autre arbre appelé "arbre de recouvrement"

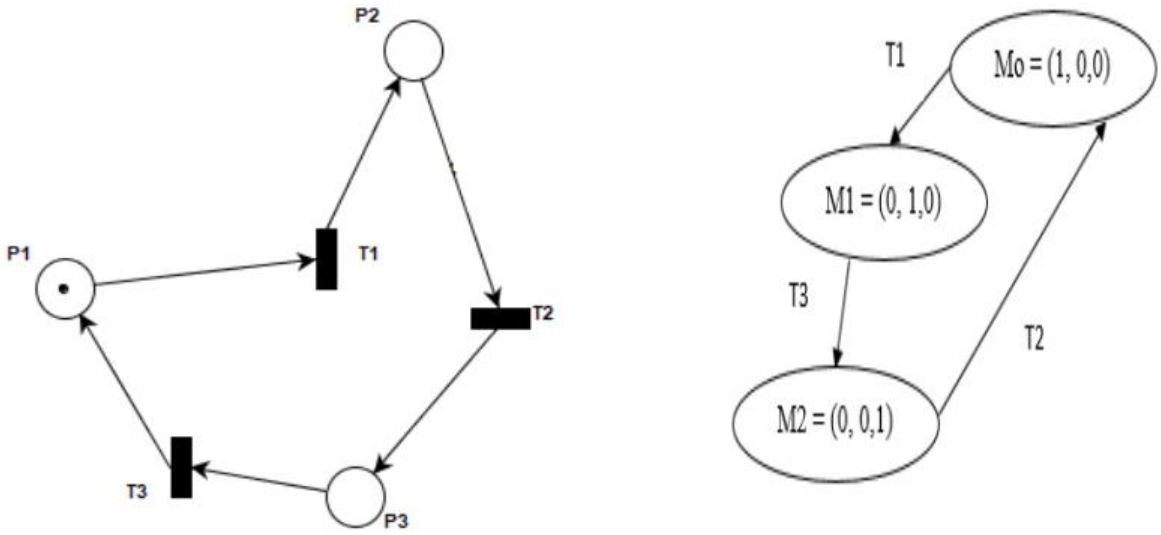


Figure 26 : Exemple d'un réseau de Petri et son arbre de marquage atteignable

2. Arbre(graphe) de recouvrement

Dans cet arbre, nous introduisons un symbole ω pour indiquer que le nombre de jetons dans une place est « infini ». ω a les propriétés suivantes : pour tout nombre entier $k, \omega > k, \omega \pm k = \omega \; et \omega \geq \omega$.

L'algorithme suivant permet de construire l 'arbre de recouvrement :

Algorithme :

1. Poser M_0 comme racine de l'arbre

2. S'il est possible d'atteindre de nouveaux marquages par franchissement d'une transition, exécuter les étapes suivantes :

   2.1. Sélectionner un "nouveau" marquage M ;

   2.2. Si M est identique à un marquage M* du chemin conduisant de M_0 à M, alors M est un "vieux" marquage. Aucun nouveau marquage ne sera plus dérivé de M.

   2.3. Si aucune transition ne peut être franchie, on arrive à la situation de « blocage »

   2.4. S'il existe des transitions franchissables pour M, exécuter les étapes suivantes pour chaque transition t franchissable à partir de M :

      2.4.1. Franchir la transition t. Nous obtenons un marquage M'

      2.4.2. Si, dans le chemin allant de M_0 à M, il existe un marquage M" tel que $M'(p) \geq M''(p)$ pour chaque place p et $M' \neq M''$, i.e. si M" est couvert par M', alors remplacer M'(p) par ω pour chaque place p tel que $M'(p) > M''(p)$.

      2.4.3. Introduire M'comme une nouvelle feuille de l'arbre et établir la branche de M à M' marquée t .

III.7.4. Méthodes faisant intervenir l'algèbre linéaire

Comme nous l'avons vu précédemment, la structure d'un réseau de Petri peut être définie par sa matrice d'incidence. Sa dynamique peut être décrite par l'équation fondamentale. Les invariants que nous allons définir permettent de caractériser les propriétés des marquages atteignables et des transitions franchissables au cours de l'évolution du réseau. C'est la raison pour laquelle la matrice d'incidence, l'équation fondamentale, et les invariants, constituent la base des méthodes faisant intervenir l'algèbre linéaire.

L'objectif de ce paragraphe est d'introduire les invariants qui sont des outils classiques utilisés dans les méthodes d'algèbre linéaire.

p-invariant :

Un **p-invariant** (appelé aussi p-semi-flot) est un m-vecteur X à éléments entiers non négatifs tel que $\boldsymbol{X^T C = 0}$

Autrement dit X est un p-invariant si et seulement si $\boldsymbol{X^T M = X^T M_0}$ quel que soit le marquage initial M_0 et quel que soit le marquage atteignable $M \in R(M_0)$

C'est une conséquence immédiate de l'équation fondamentale. Cette définition indique qu'une certaine combinaison linéaire du marquage est invariante.

t-invariant :

Un **t-invariant** (appelé aussi t-semi-flot) est un n-vecteur Y à éléments entiers non négatifs tel que **CY=O.**

Autrement dit Y est un t-invariant si, à partir d'un marquage M0, il existe une séquence de franchissements S telle que V_s=Y, qui ramène à M_o. Il faut noter cependant que le fait qu'il existe un t-invariant n'est qu'une condition nécessaire pour qu'un réseau de Petri soit réversible.

III.8. Modélisation par réseau de Petri d'un processus du « prêt d'un livre »

La figure ci-dessous illustre le réseau de Petri modélisant le processus du prêt d'un livre dans la bibliothèque. Ainsi, pour accéder au système, tout utilisateur doit s'authentifier. On s'est donné l'exemple de trois étudiants qui veulent emprunter des livres dans la bibliothèque.

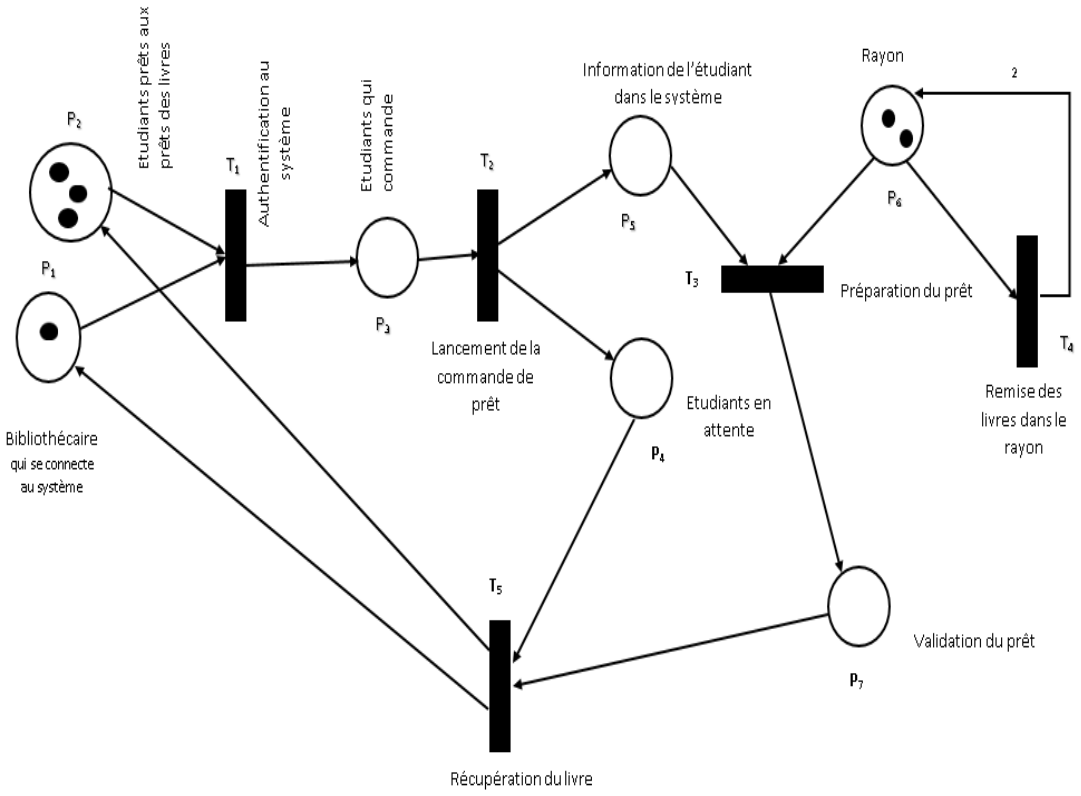


Figure 27 : Réseau de Petri modélisant le processus du prêt des livres

1.**Analyse par la méthode basée sur l'arbre des marquages atteignables pour le processus du « prêt des livres ».**

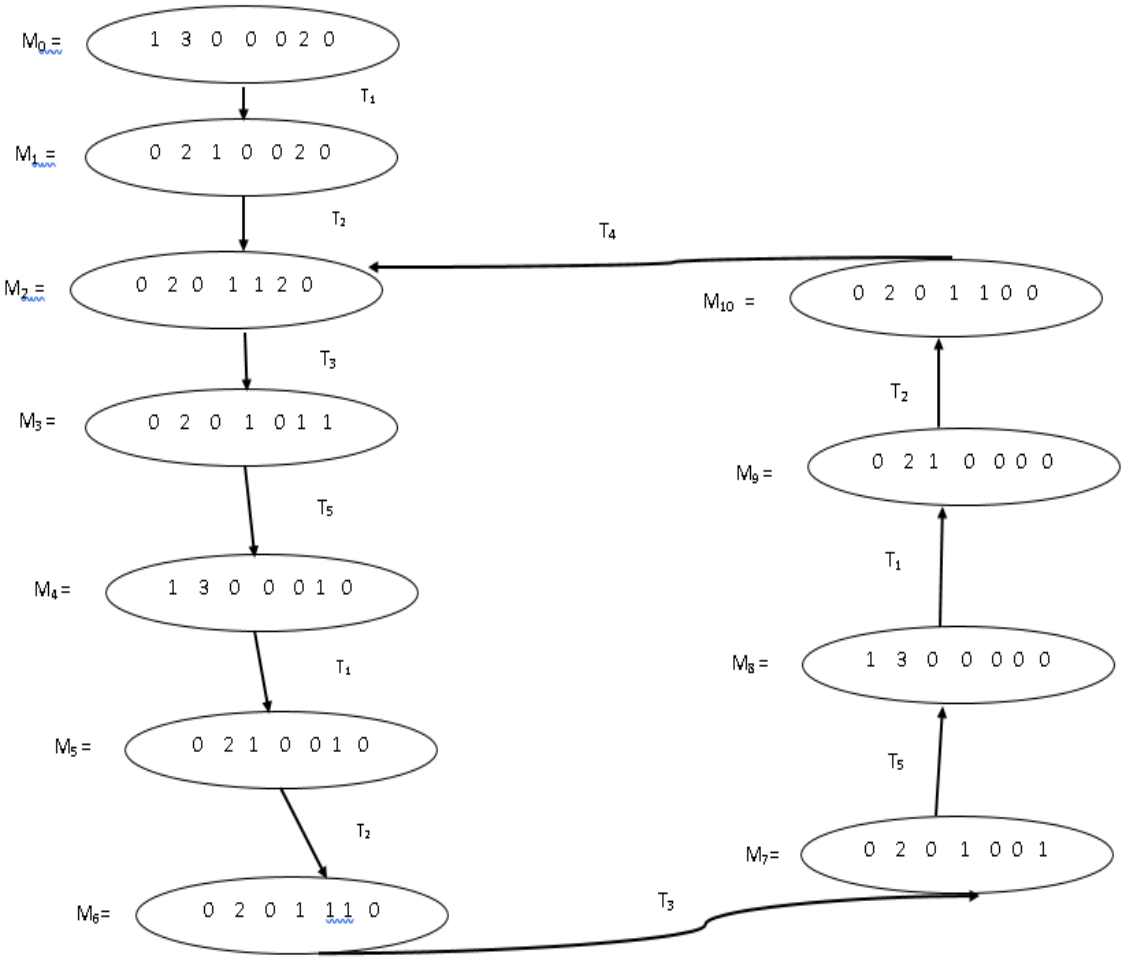


Figure 28 : Graphe de marquage pour le processus « prêt des livres »

2.Etude des propriétés de réseau de Petri pour le processus « prêt des livres »

1. *Bornitude*

Pour vérifier la propriété de bornitude, on construit le tableau ci-dessous suivant dans lequel chaque colonne indique le nombre de jetons que contient la place Pi dans chaque marquage Mi.

Tableau 11: Vérification de la bornitude pour le processus « prêt des livres »

M(Pi)\Mi	M0	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8	M9	M10
M(P1)	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0
M(P2)	3	2	2	2	3	2	2	2	3	2	2
M(P3)	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0
M(P4)	0	0	1	1	0	0	1	1	0	0	1
M(P5)	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1
M(P6)	2	2	2	1	1	1	1	0	0	0	0
M(P7)	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0

Conclusion : on conclut que le réseau est borné car toutes les places sont bornées.

2. ***Réversibilité (réinitialisibilité)***

Pour vérifier la propriété de la réversibilité, on construit le tableau ci-dessous dans lequel quel que soit le marquage atteignable à partir de M0, il existe une séquence permettant de revenir à M0.

Tableau 12: Vérification de la réversibilité pour le processus « prêt des livres »

M0\ Mi	M0	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8	M9	M 10
M0	$T_1T_2T_3T_5$ $T1T_2T_3T_5$ $T_1T_2T_4$	$T_2T_3T_5T_1$ $T_2T_3T_5T_1$ T_2T_4	$T_3T_5T_1T_2$ $T_3T_5T_1$ T_2T_4	$T_5T_1T_2$ $T_3T_5T_1$ T_2T_4	$T_1T_2T_3$ T_5T_1 T_2T_4	$T_2T_3T_5$ $T_1T_2T_4$	T_3T_5 $T_1T_2T_4$	T_5T_1 T_2T_4	T_1T_2 T_4	T_2T_4	T_4

Conclusion : Le réseau est réversible pour un marquage initial M0 car pour chaque marquage accessible à partir du marquage initial il existe une séquence de transitions franchissables permettant de revenir au marquage initial.

3. Vivacité et blocage

Pour vérifier l'existence de la propriété de vivacité et de blocage, on construit le tableau ci-dessous dans lequel chaque colonne indique l'existence d'une séquence partant de Mi et franchissant Tj.

Tableau 13: Vérification de vivacité et de blocage pour le processus « prêt des livres »

Ti\ Mi	M_0	M_1	M_2	M_3	M_4	M_5	M_6	M_7	M_8	M_9	M_{10}
T_1	T1	T2T3 T5T1	T3T5 T1	T5T1	T1	T2T3T 5T1	T3T5T1	T5T1	T1	T2T4T 1	T4T5T1
T_2	T1T1	T2	T3T5 T1T2	T5T1 T2	T1T 2	T2	T3T5T1 T2	T5T1T2	T1T2	T2	T4T5T1 T2
T_3	T1T2T3	T2T3	T3	T5T1 T2T3	T1T 2T3	T2T3	T3	T5T1T2 T4T3	T1T2T 4T3	T2T4T 3	T4T3
T_4	T1T2T3T 5T1T2T3 T5T1T2T 4	T2T3 T5T1 T2T3 T5T1 T2T4	T3T5 T1T2 T3T5 T1T2 T4	T5T1 T2T3 T5T1 T2T4	T1T 2T3 T5T 1T2 T4	T2T3T 5T1T2 T4	T3T5T1 T2T4	T5T1T2 T4	T1T2T 4	T2T4	T4
T_5	T1T2T3T 5	T2T3 T5	T3T5	T5	T1T 2T3 T5	T2T3T 5	T3T5	T5	T1T2T 4T3T 5	T2T4T 3T5	T4T3T5

Conclusion : on conclut que toutes les transitions du réseau sont vivantes car pour tout marquage accessible, il existe une séquence de franchissement contenant Tj à partir de ce marquage accessible.

Pour cela, le réseau de Petri modélisant le processus du « prêt des livres » est vivant et sans blocage.

3.**Analyse par la méthode faisant intervenir l'algèbre linéaire pour le processus « prêt des livres »**

Le Réseau de Petri modélisant le processus « Prêt des livres » est composé par :

1) Un ensemble de places : P= {P1, P2, P3, P4, P5, P6, P7}
2) Un ensemble de transitions : T= {T1, T2, T3, T4, T5}
3) Une matrice d'incidence avant appelée aussi vecteur des contraintes symbolisées par Pre ou W^- qui représente les arcs allant d'une place à une transition. L'élément (i, j) de la matrice Pre est différent de 0 s'il y a un arc allant de la place i vers la transition j
4) Une matrice d'incidence après appelée aussi vecteur d'actions symbolisée par Post ou W^+ qui représente les arcs allant d'une transition à une place. L'élément (i, j) de la matrice Post est différent de 0 s'il y a un arc allant de la transition i vers la place j

Pour le réseau de Petri de la figure 27 modélisant le processus de « prêt des livres », la matrice d'incidence avant s'écrit comme suit :

$$w^- = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

Pour le réseau de Petri de la figure 28 modélisant le processus de « prêt des livres », la matrice d'incidence après s'écrit comme suit :

$$w^+ = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \\ 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 2 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \end{bmatrix}$$

C'est à partir de ces deux matrices qu'on définit la matrice d'incidence du Réseau de Petri modélisant le processus de « prêt des livres qui est :

$$w = w^+ - w^-$$

$$w = \begin{bmatrix} -1 & 0 & 0 & 0 & 1 \\ -1 & 0 & 0 & 0 & 1 \\ 1 & -1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & -1 \\ 0 & 1 & -1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & -1 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & -1 \end{bmatrix}$$

L'élément (i, j) de la matrice W donne le bilan pour la place i du tirage de la transition j.

Illustrons cela à l'aide d'un exemple à l'appui.

Si S correspond à une suite de transitions franchissables, alors l'état obtenu après avoir franchi les transitions de S est donné par l'équation fondamentale ou équation d'état du RdP : M = M0 + W. Sj

Donnons un exemple d'une séquence S = T1T2T3T5T1T2T3T5 ;

Cela montre que S= (2 2 2 0 2)

$$M = \begin{bmatrix}1\\3\\0\\0\\0\\2\\0\end{bmatrix} + \begin{bmatrix}-1 & 0 & 0 & 0 & 1\\-1 & 0 & 0 & 0 & 1\\1 & -1 & 0 & 0 & 0\\0 & 1 & 0 & 0 & -1\\0 & 1 & -1 & 0 & 0\\0 & 0 & -1 & 1 & 0\\0 & 0 & 1 & 0 & -1\end{bmatrix} * \begin{bmatrix}2\\2\\2\\0\\2\end{bmatrix} = \begin{bmatrix}1\\3\\0\\0\\0\\0\\0\end{bmatrix}$$

Calcul des invariants de place (p-invariants)

En se basant toujours sur la figure 27 modélisant le processus de « prêt des livres », les invariants des places sont calculés comme suit :

Soit

$$w = \begin{bmatrix}-1 & 0 & 0 & 0 & 1\\-1 & 0 & 0 & 0 & 1\\1 & -1 & 0 & 0 & 0\\0 & 1 & 0 & 0 & -1\\0 & 1 & -1 & 0 & 0\\0 & 0 & -1 & 1 & 0\\0 & 0 & 1 & 0 & -1\end{bmatrix}$$ supposons que : X= $\begin{bmatrix}x_1\\x_2\\x_3\\x_4\\x_5\\x_6\\x_7\end{bmatrix}$

X est un p-invariant ssi $X^T * W = 0 \; et \; X \neq 0$

Calculons $X^T * W = 0$;

$$(x_1\ x_2\ x_3\ x_4\ x_5\ x_6\ x_7) * \begin{bmatrix} -1 & 0 & 0 & 0 & 1 \\ -1 & 0 & 0 & 0 & 1 \\ 1 & -1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & -1 \\ 0 & 1 & -1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & -1 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & -1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix}$$

Ce qui donne : $\begin{cases} -x_1 - x_2 + x_3 = 0 \\ -x_3 + x_4 + x_5 = 0 \\ -x_5 - x_6 + x_7 = 0 \\ x_6 = 0 \\ x_1 + x_2 - x_4 - x_7 = 0 \end{cases}$

Posons $x_1 = \alpha, x_2 = \beta\ et\ x_4 = \delta$

On en déduit que $x_7 = \alpha + \beta - \delta\ \ et\ x_5 = \alpha + \beta - \delta$

$$x_3 = \alpha + \beta$$

Donc P1+P2+P3+P4+P5+P6+P7 est un p-invariant. Ce qui signifie que la somme des marquages des places P1, P2, P3, P4, P5, P6, P7 pondérées par le vecteur X est constante quelle que soit l'évolution du réseau de Petri.

Calcul des invariants de transitions (t-invariants)

En se basant encore sur la figure 28 modélisant le processus de « prêt des livres », les invariants des transitions sont calculés comme suit :

Soit $w = \begin{bmatrix} -1 & 0 & 0 & 0 & 1 \\ -1 & 0 & 0 & 0 & 1 \\ 1 & -1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & -1 \\ 0 & 1 & -1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & -1 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & -1 \end{bmatrix}$, supposons X= $\begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \\ x_3 \\ x_4 \\ x_5 \end{bmatrix}$

X est un t-invariants ssi $W * X = 0$

Calculons $W * X = 0$

$$\begin{bmatrix} -1 & 0 & 0 & 0 & 1 \\ -1 & 0 & 0 & 0 & 1 \\ 1 & -1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & -1 \\ 0 & 1 & -1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & -1 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & -1 \end{bmatrix} * \begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \\ x_3 \\ x_4 \\ x_5 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix}$$

Ce qui donne $\begin{cases} -x_1 + x_5 = 0 \\ -x_1 + x_5 = 0 \\ x_1 - x_2 = 0 \\ x_2 - x_5 = 0 \\ x_2 - x_3 = 0 \\ -x_3 + x_4 = 0 \\ x_3 - x_5 = 0 \end{cases}$ qui donne : $\begin{cases} x_1 = x_5 \\ x_1 = x_2 \\ x_2 = x_3 \\ x_3 = x_4 \end{cases}$

En posant $x_5 = \varepsilon$, on en déduit que $x_1 = x_2 = x_3 = x_4 = \varepsilon$

Le réseau de Petri pour le processus « prêt des livres » est couvert par des t-invariants positifs.

III.9. Conclusion

Dans ce chapitre nous avons présenté certains des concepts de la modélisation à base des réseaux de Petri ainsi que les propriétés principales de ces derniers. Après avoir exploré cet outil, nous avons appliqué les concepts y relatifs pour étudier et analyser le fonctionnement de ce système. L'usage de Réseau de Petri nous permet de faire une prédiction éventuelle sur le comportement du système et de dégager des conclusions quant à la fiabilité et robustesse du système en fonction de l'un ou l'autre facteur interne ou externe au système.

Pour ce qui nous concerne, nous avons pris un cas d'étude basé sur le processus de prêt des livres dans la bibliothèque. En effectuant une analyse basée sur l'arbre de marquage atteignable et l'algèbre linéaire nous avons pu évaluer certaines propriétés et avons pu donner des conclusions sur base des résultats obtenus. Nous estimons également que l'usage du modèle de RdP tel que celui modélisant le processus de « prêt des livres » peut aider les concepteurs à déterminer les caractéristiques du système si on généralise le nombre des visiteurs, des bibliothécaires connectés et en considérant que le nombre des livres qui sont disponibles sur les rayons est de taille illimitée moyennant des études ultérieures.

CHAPITRE IV : IMPLÉMENTATION D'UN SYSTEME AUTOMATISE DE GESTION D'UNE BIBLIOTHEQUE

IV.1. Outils de développement de l'application

Dans le présent chapitre, l'objectif visé est de montrer dans quel environnement nous allons travailler. Nous allons montrer les outils matériels et logiciels, les langages utilisés et présenter les interfaces utilisateurs pour une application d'automatisation de la gestion d'une bibliothèque. L'interface a été réalisée en utilisant le langage PHP. Comme système de gestion de base de données, nous avons utilisé MySQL qui est aujourd'hui le plus populaire des serveurs de base de données. Le langage va servir pour la mise en place de l'interface homme-machine et l'écriture du code tandis que le SGBD nous aidera pour l'implémentation de la base de données.

IV.1.1. SGBD Mysql

MySQL est un serveur de base de données relationnelles SQL qui fonctionne sur de nombreux systèmes d'exploitation (dont Linux, Mac OS X, Windows, Solaris, FreeBSD…) et qui est accessible en écriture par de nombreux langages de programmation, incluant notamment PHP, Java, Ruby, C, C++, .NET, Python …6

L'une des spécificités de MySQL c'est qu'il inclut plusieurs moteurs de bases de données et qu'il est par ailleurs possibles au sein d'une même base de définir un moteur différent pour les tables qui composent la base. Cette technique est astucieuse et permet de mieux optimiser les performances d'une application. Les 2 moteurs les plus connus étant MyISAM (moteur par défaut) et InnoDB.4

MySQL fait partie des logiciels de gestion de base de données les plus utilisés au monde, autant par le grand public (applications web principalement) que par des professionnels, en concurrence avec Oracle et Microsoft SQL Server.

IV.1.2. Langage PHP

PHP est un langage de programmation libre, principalement utilisé pour produire des pages Web dynamiques via un serveur HTTP, mais pouvant également fonctionner comme n'importe quel langage interprété de façon locale. PHP est un langage impératif orienté objet.5

PHP est un langage de script utilisé le plus souvent côté serveur : dans cette architecture, le serveur interprète le code PHP des pages web demandées et génère du code (HTML, XHTML, CSS par exemple) et des données (JPEG, GIF, PNG par exemple) pouvant être interprétés et rendus par un navigateur

web. PHP peut également générer d'autres formats comme le WML, le SVG et le PDF. ***[14]***

Il a été conçu pour permettre la création d'applications dynamiques, le plus souvent développées pour le Web. PHP est le plus souvent couplé à un serveur Apache bien qu'il puisse être installé sur la plupart des serveurs HTTP tels que IIS. Ce couplage permet de récupérer des informations issues d'une base de données, d'un système de fichiers (contenu de fichiers et de l'arborescence) ou plus simplement des données envoyées par le navigateur afin d'être interprétées ou stockées pour une utilisation ultérieure.[13]

IV.1.3. Bootstrap

Bootstrap est un framework CSS (Cascading Style Sheet) dont le rôle est de gérer l'apparence de la page web (agencement, positionnement, décoration, couleur, taille du texte). Il vise à aider à mettre en forme les pages web. Il contient tout un tant d'éléments HTML au design sobre et professionnel comme les tableaux.

IV.1.4. WampServer

WampServer est une plateforme de développement Web de type WAMP, permettant de faire fonctionner localement (sans se connecter à un serveur externe) des scripts PHP. WampServer n'est pas en soi un logiciel, mais un environnement comprenant deux serveurs (Apache et MySQL), un interpréteur de script (PHP), ainsi qu'une administration PhpMyAdmin. Il dispose d'une interface d'administration permettant de gérer et d'administrer ses serveurs comme la montre la figure 29. ***7***

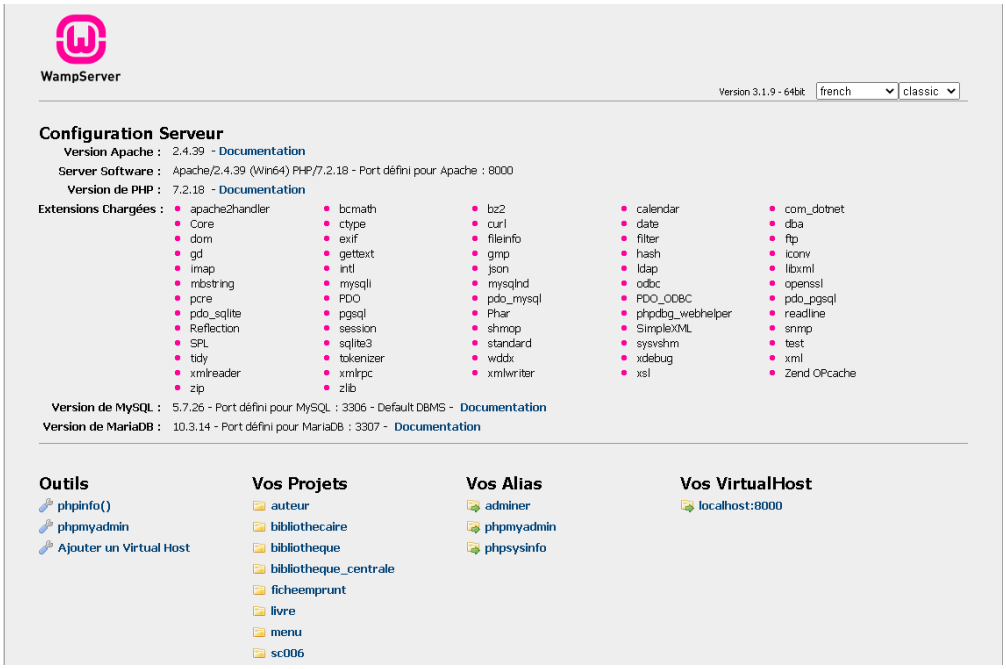


Figure 29 : Interface d'accueil de WampServer

IV.2. Présentation de quelques fonctionnalités de l'application développée

Notre application que nous allons présenter possède beaucoup de fenêtre mais nous allons présenter quelques-unes d'entre-elles que nous jugeons importantes à montrer. Mais avant de présenter ces fenêtres, voici la page d'accueil de notre application sur la figure 30



Figure 30 : Page d'accueil par défaut

En étant à la page d'accueil, l'utilisateur doit cliquer sur connexion pour s'authentifier au système, voici comment la page d'authentification se présente



Figure 31 : Page d'authentification

Si les informations de l'utilisateur qui s'authentifie au système sont correctes et s'il s'agit par exemple d'un étudiant qui se connecte, le système le dirige vers la page de la figure 32.

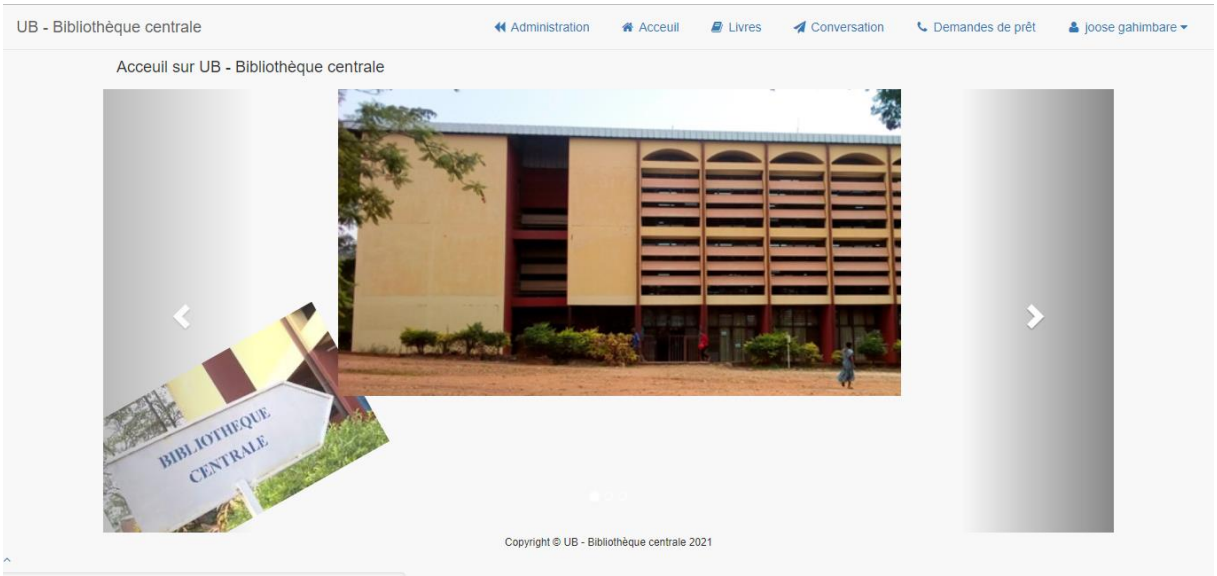


Figure 32 : Page d'accueil étudiant

En étant sur la page d'accueil de l'étudiant, cette page contient pas mal des fonctions que l'étudiant ou le chercheur peut lancer. S'il lance la demande de prêt d'un livre BOOK QR CODE par exemple, le système le dirige vers page de la figure 33



Figure 33 : Page de demande de prêt

Le QR Code qui se trouve à côté de la couverture du livre contient les informations du livre BOOK QR CODE. Pour lire ces informations on utilise un lecteur QR Code qu'on installe dans des téléphones Android ou dans des ordinateurs après téléchargement.

Si la demande de prêt est déjà lancée, les bibliothécaires traitent les demandes et la page de traitement des demandes se présente comme la montre la figure 34.

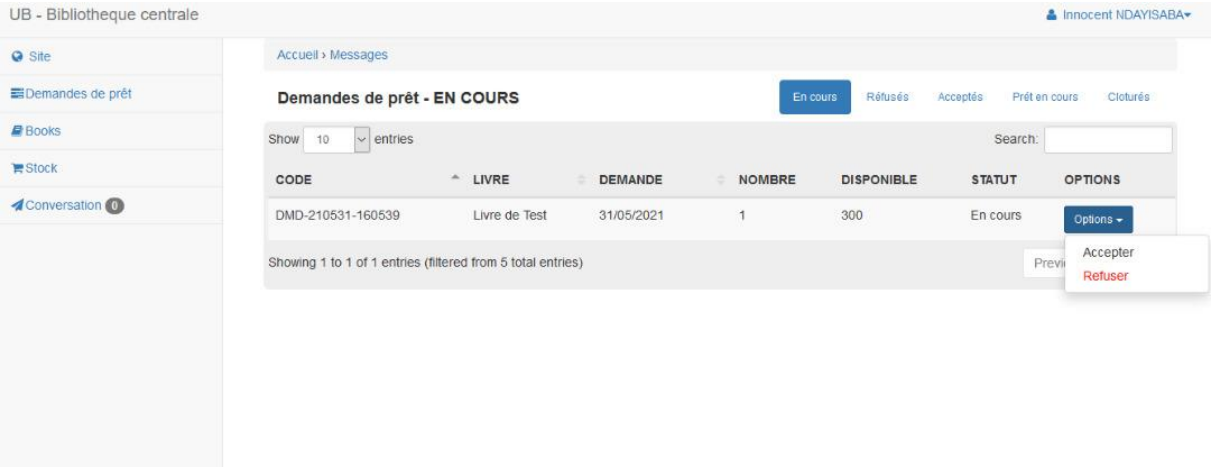


Figure 34 : Page de traitement de demande de prêt

Si le bibliothécaire reçoit un nouveau livre à mettre dans la base de données, la figure 35 montre la page d'enregistrement d'un nouveau livre

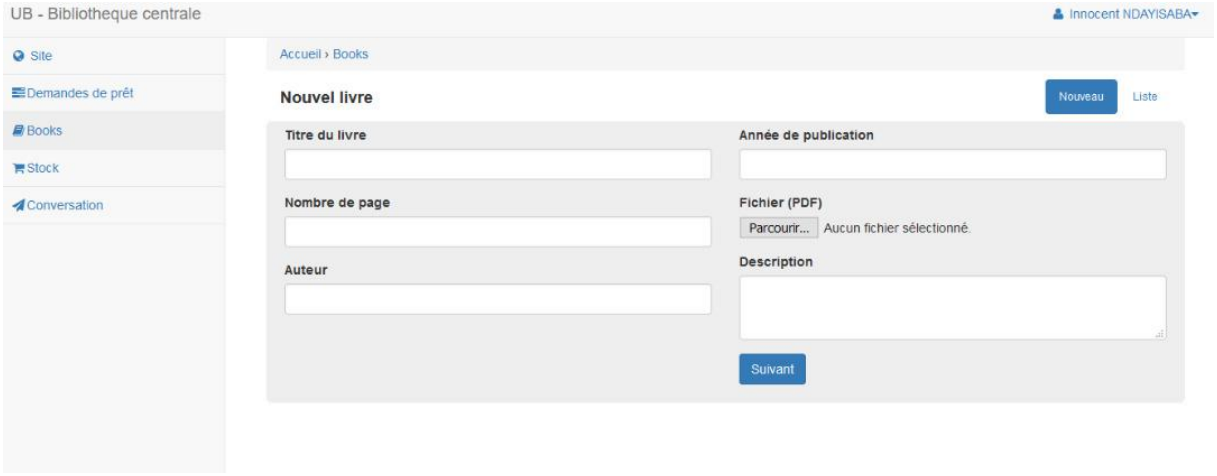


Figure 35 : Page d'enregistrement d'un nouveau livre

Après l'enregistrement d'un livre un QR code est généré automatiquement. Le QR Code qui sera imprimé est attaché sur chaque exemplaire de ce livre.

Après cette opération faite par le bibliothécaire, ce dernier doit le stocker dans le stock en les rangeant dans les rayons comme le montre la figure 36 :

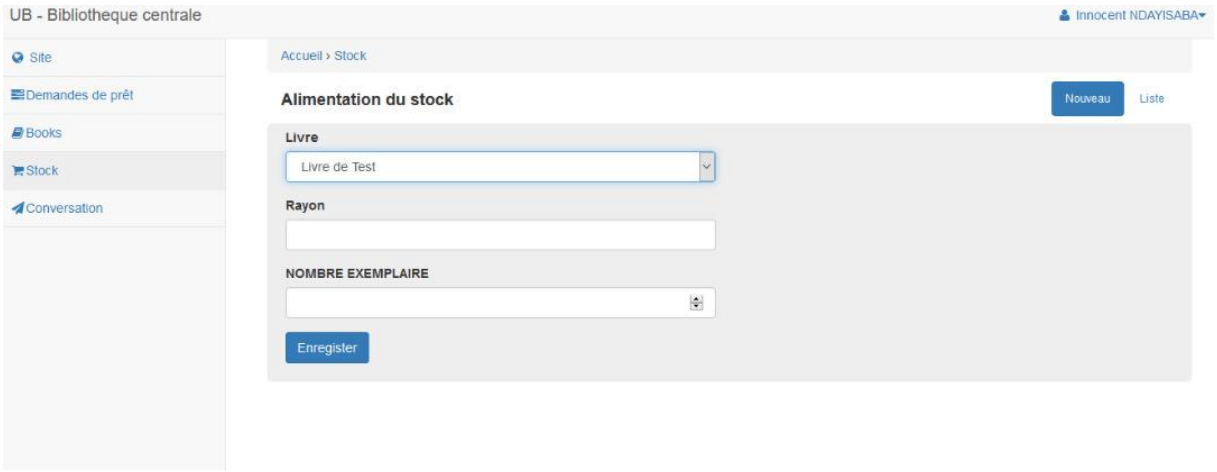


Figure 36 : Page d'alimentation des livres dans les rayons

IV.3. Conclusion

Dans ce chapitre, nous avons présenté les plateformes et technologies utilisées, les paradigmes et langage de conception, les outils de développement ainsi que les technologies d'implémentations ont été présentées. Nous avons enfin passé à la présentation de quelques interfaces graphiques des fonctionnalités réalisées dans notre système.

CONCLUSION GÉNÉRALE ET RECOMMANDATIONS

Conclusion générale

Les recherches que nous avons menées au cours de ce mémoire nous ont permis de développer un système automatisé de gestion de la bibliothèque centrale de l'université du Burundi.

Pour la mise en place de ce système, nous avons utilisé la technique de conception et de modélisation à l'aide d'un langage UML pour décrire de manière visuelle et graphique les besoins et les solutions fonctionnelles et techniques de ce projet que nous avons complété par un modèle mathématique de Réseau de Petri dans le but de comprendre le comportement de ce système dans le temps ainsi que l'approche de programmation web à l'aide de programmation PHP.

Le développement de ce système nous a permis de répondre aux problèmes évoqués dans la critique de l'existant. Grâce à ce nouveau système automatisé de gestion de la bibliothèque :

1) Un visiteur n'a pas de difficulté de recherche des livres car le système des fichiers qui était utilisé a été supprimé et remplacé par le nouveau système où un visiteur se connecte seulement au système et fait ce qu'il a besoin
2) L'accès aux livres électroniques est mis en place
3) Communication entre le visiteur et le bibliothécaire est établie et cela facilite le visiteur et y gagne du temps.
4) Savoir exactement le nombre de livres qui sont en circulation, qui sont disponibles à la bibliothèque.

Recommandations

Après avoir implémenté le système automatisé de gestion d'une bibliothèque, nous recommandons à la Bibliothèque centrale de l'UB, à l'Université du Burundi et aux futurs étudiants ce qui suit :

A la bibliothèque centrale :

1) Acheter des ordinateurs suffisants pour pouvoir utiliser notre système car tout visiteur à la bibliothèque aura besoin d'un ordinateur pour pouvoir commander un livre ;
2) Mettre en place le nouveau système afin de pouvoir simplifier les tâches et gagner du temps que ce soit pour le visiteur ou pour le bibliothécaire en soit.

A l'Université du Burundi :

3) Appuyer financièrement et matériellement les projets de recherche dont les résultats répondent aux besoins réels des étudiants
4) Engager les moyens nécessaires pour l'informatisation de tous les services de la bibliothèque centrale

Aux futurs étudiants ou chercheurs :

5) Améliorer ce système en ajoutant des fonctionnalités manquantes comme le catalogage, la gestion du personnel, etc.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES ET WEBOGRAPHIQUES

1. Ouvrages généraux

[1] *Olivier Signaud, introduction à la modélisation oriente objet avec UML,2010*

[2] *Cours de réseau de Petri par Yann Morère, Avril 2002*

[3] *Les réseaux de Petri Par Pr.HIHI Hicham, Université de Sidi Mohamed Ben Abdellah*

[4] *James L. Peterson, Petri Net Theory And The Modeling of Systems, University of Texas at Austin, Prentice-Hall, Inc., Englewood Cliffs ,N.J. 07632,1981*

[5] *Réseaux de Petri, Cours EL401T2, G. Scorletti et G. Binet, Université de Caen, 2006.*

[6] *Conception préliminaire des systèmes de production à l'aide des réseaux Petri par Vânio Murilo SAVI, Université de Lorraine, 1994.*

[7]. *Les réseaux de Petri : Notes de cours par N.Bennis disponible sur www.gooble.com visité le 24/01/2021*.

[8]. *Conception des systèmes de production à l'aide des réseaux de Petri : vérification incrémentale des propriétés qualitatives ; par Feng CHU, Université de Lorraine, 1995.*

[9] *Christian, S. (2006). Apprendre SQL avec MYSQL avec 40exercices corrigés. EYROLLES. Paris, France*

[10] *Dhouibi, H. (2005). Utilisation des reseaux de petri a intervalles pour la regulation d'une qualite : application a une manufacture de tabac*

[11] *AUDIBERT, L. (2009). UML 2 De l'apprentissage à la pratique.*

[12] *Pascal, R. (2009). UML par la pratique (éd. 5e Edition). Paris, France: EYROLLES*

[13] *Luc Welling et Laura Thomson, PHP et MySQL, livre en ligne, 2009*

[14] *Mathieu Nebra, concevez votre site avec PHP et MySQL, 2012*

[15] *Olivier Signaud, introduction à la modélisation oriente objet avec UML, 2010*

[16] *Gilles Roy, conception de base de données avec UML, presse de l'université de Québec*

[17] *Joseph Gabay, David Gabay UML2, analyse et conception ,2008*

2. WEBOGRAPHIQUES

1. *http://www.bm-aubenas.fr consulté le 14 Avril 2021*
2. *https://fr.wikipedia.org/wiki/UML_(informatique) consulté le 20 Avril 2021*
3. *www.wikipedia.org/Réseau de Pétri visité le 13 avril 2021*
4. *https://sql.sh/sgbd/mysql visité le 02 Mai 2021*
5. *https://fr.wikipedia.org/wiki/PHP visité le 10 Mai 2021*
6. *http://www.siteduzero.com, visité le 15 janvier 2021*
7. *http://www.developpez.com, visité le 15 janvier 2021*
8. *Le pingouin bibliothécaire : les logiciels libres de gestion de bibliothèque http://www.ressi.ch/num02/article_010 consulté le 10/3/2021*